

研究資料

福島県産きのこ原木ロットの¹³⁷Cs濃度分布

手代木徳弘

目 次

要 旨	
I はじめに	3 4
II 試験方法	3 5
III 結果	3 6
IV 考察	4 1
V おわりに	4 5
VI 文献	4 5
VII 補注	4 5

要 旨

福島県は原木栽培きのこの放射性物質汚染対策として、生産の各段階において「原木ロット」単位で管理しており、きのこ生産現場においては、最初の段階である原木入手時点の汚染状況の把握が重要なポイントとなる。今回は、現場で使用される原木ロット単位での汚染濃度分布傾向を把握するため、購入原木ロットにおける個々の原木の放射性物質濃度の調査を行った。県内6箇所から生産された原木を各1ロット（コナラ各100本）購入し、直径と樹皮区分を調査後¹³⁷Cs濃度を測定した。測定した原木の¹³⁷Cs濃度をパーセントイルで表したところ、各濃度は3次曲線状に分布し、最大値付近に突出した値（または群）が見られた。濃度とパーセントイルの分布は5次曲線で最も近似することが分かったため、その関係式を5次関数と定義し理論上の最高値と最低値を推定した。その結果、推定される最高値と最低値の比（推定変動幅）は4.2から31.6であり、ロット間で大きく異なる結果となった。また、原木の直径及び樹皮タイプによる濃度の違いは認められなかった。

キーワード：コナラ原木、原木ロット、¹³⁷Cs濃度分布

受付日 平成30年7月3日

受理日 平成31年2月5日

課題名 露地栽培きのこの生産再開に関する研究（平成27～29年度）

本報の一部は2018年9月に日本きのこ学会第22回大会で「きのこ原木ロットの¹³⁷Cs濃度分布」として発表した。

I はじめに

東京電力福島第1原子力発電所の事故に伴う放射性物質汚染により、福島県内のきのこ生産者は大きな被害を受け、今でも生産を再開できない生産者も多い^{1) 2)}。きのこ生産者及び県をはじめとする関係者は、生産再開のため、できうる限りの生産管理を行い、モニタリング調査に努めているが、継続してサンプリング精度の向上を目指す必要がある。

福島県は原木栽培きのこの放射性物質汚染対策として、生産の各段階において「原木ロット^{補注1)}」単位で管理しており、原木・ほだ木・発生初期子実体について放射性物質濃度を測定し、市場に出回るきのこの安全を2重3重に担保する仕組みを構築している³⁾。きのこ生産現場においては、最初の段階である原木入手時点の汚染状況の把握が重要なポイントとなる。一般に原木生産現場における立木は、標高や林内での位置、樹形や樹齢がまちまちである(図-1、2)。原木生産者は採材した全ての原木を出荷しなければ採算が合わないため、原木購入者は放射性セシウム濃度に影響があるとされる樹木の位置や採取部位を選ぶことができない。これまでのコナラ原木の放射性セシウム濃度に関する知見では、位置や地形との関係³⁾や立木の高さ別⁴⁾に放射性セシウム濃度の傾向について調査した例はあるが、原木ロットという単位で検討されたものはない。そこで、現場で使用される原木ロット単位での汚染濃度分布傾向を把握するため、購入原木ロットにおける原木毎の放射性物質濃度の調査を行った。

併せて、原木の直径と樹皮タイプと放射性セシウム濃度との関係を調査した。



図-1 多様な形状の立木が存在するコナラ林 図-2 原木生産現場の1例

II 試験方法

表-1に示した県内6箇所から生産されたコナラ原木各100本を1ロットとして購入した(図-3)。原木のうち実際に粉砕して測定に供する任意の約30cmの部分について、供試部分の中央部直径を直径巻き尺で測定し、図-4に示した樹皮タイプを目視により表面の平滑さで3段階に区分して調査した。同原木を使用1回毎に洗浄済みチェンソーで数回鋸断し(図-5)、得たオガ粉状の検体を混合攪拌の後、1.5Lマリネリ容器に1L充填してNaIシンチレーションカウンター(EMF211型ガンマ線スペクトロメータ)で¹³⁷Cs濃度を測定した。測定に当たっては、60分測定し、下限値未満の場合は720分又は1440分で再測定した。また検体100g程度を取り分け、105°Cで24時間乾燥し、前後に重量を測定して含水率を調査した。

表-1 原木ロット産地

NO	区分	生産地	林況	林齢	空間線量率(μSv/h)
1	TO	耶麻郡西会津町	コナラ林	30年生	0.05
2	SI	耶麻郡西会津町	コナラ林	35年生	0.06
3	KO	耶麻郡猪苗代町	コナラ林	40年生	0.08
4	BA	耶麻郡磐梯町	コナラ林	35年生	0.10
5	YO	田村市都路町	コナラ・クヌギ林	20年生	0.47
6	GP	田村市都路町	コナラ林	30年生	0.38

注)空間線量率は地上高1m林内、10箇所での平均値



図-3 供試原木(1ロット)



1:粗



2:中庸



3:平滑

図-4 樹皮タイプ



図-5 オガ粉調整

III 結果

1 原木の濃度分布について

各ロット内原木の¹³⁷Cs濃度の測定結果を表-2に示す。

¹³⁷Cs濃度の平均値は「TO」ロットの14.9Bq/kgDWから「GP」ロットの841.2 Bq/kgDWと大きな開きがある。

各原木ロット毎の¹³⁷Cs濃度をパーセンタイルで表したグラフを図-6に示す。共通して最大値付近に突出した個体または群が見られる。各ロット内原木の¹³⁷Cs濃度の最大値と最小値の比の最小は「BA」ロットの5.69、最大は「GP」ロットの16.42であった。

図-7に「TO」ロットの度数分布を示す。原木ロットにおける¹³⁷Cs濃度の分布は、各原木ロットとも同様に度数分布では右に裾野を引く正規分布を示した。

表-2 各原木ロットの測定結果

	TO	SI	KO	BA	GP	YO
検体数	100	100	100	100	100	100
平均値 (単位：Bq/kgDW)	14.9	16.6	38.5	81.0	841.2	830.6
中央値 (単位：Bq/kgDW)	13.3	16.1	36.1	78.4	698.5	840.1
不偏標準偏差	6.74	6.46	18.9	23.1	564	244
変動係数	0.450	0.387	0.488	0.284	0.667	0.293
相対標準偏差	0.518	0.401	0.524	0.295	0.829	0.290
1/4⇔3/4分位/中央値	0.702	0.595	0.543	0.361	0.671	0.349
1/4⇔3/4分位/平均値	0.627	0.576	0.510	0.557	0.557	0.353

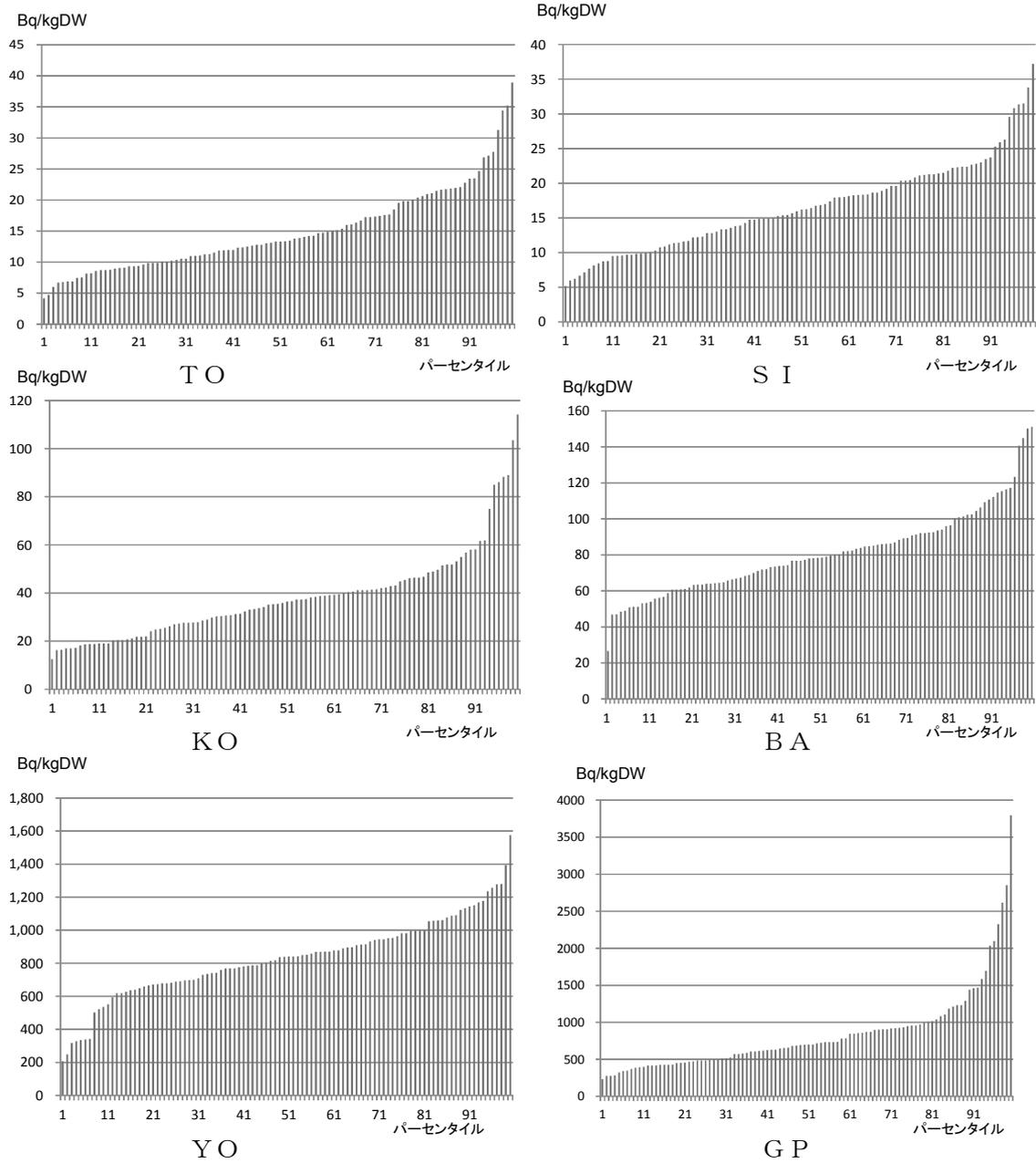


図-6 ロット内原木の¹³⁷Cs濃度パーセンタイル
 注) アルファベットは原木ロット名を示す。

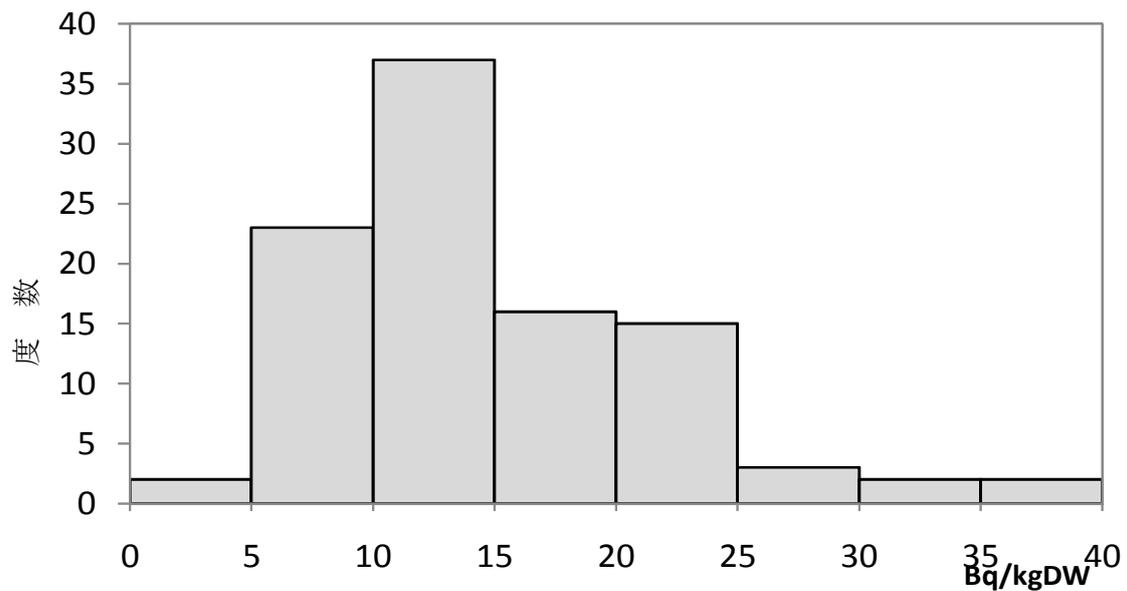


図-7 「TO」ロットの度数分布

2 直径と原木濃度の関係について

各原木の直径と原木¹³⁷Cs濃度の関係を示す散布図を図-8に示す。

直径と原木¹³⁷Cs濃度の間には、「KO」ロットでは弱い負の関係が見られたが、他の原木ロットでは関係性は見られなかった。

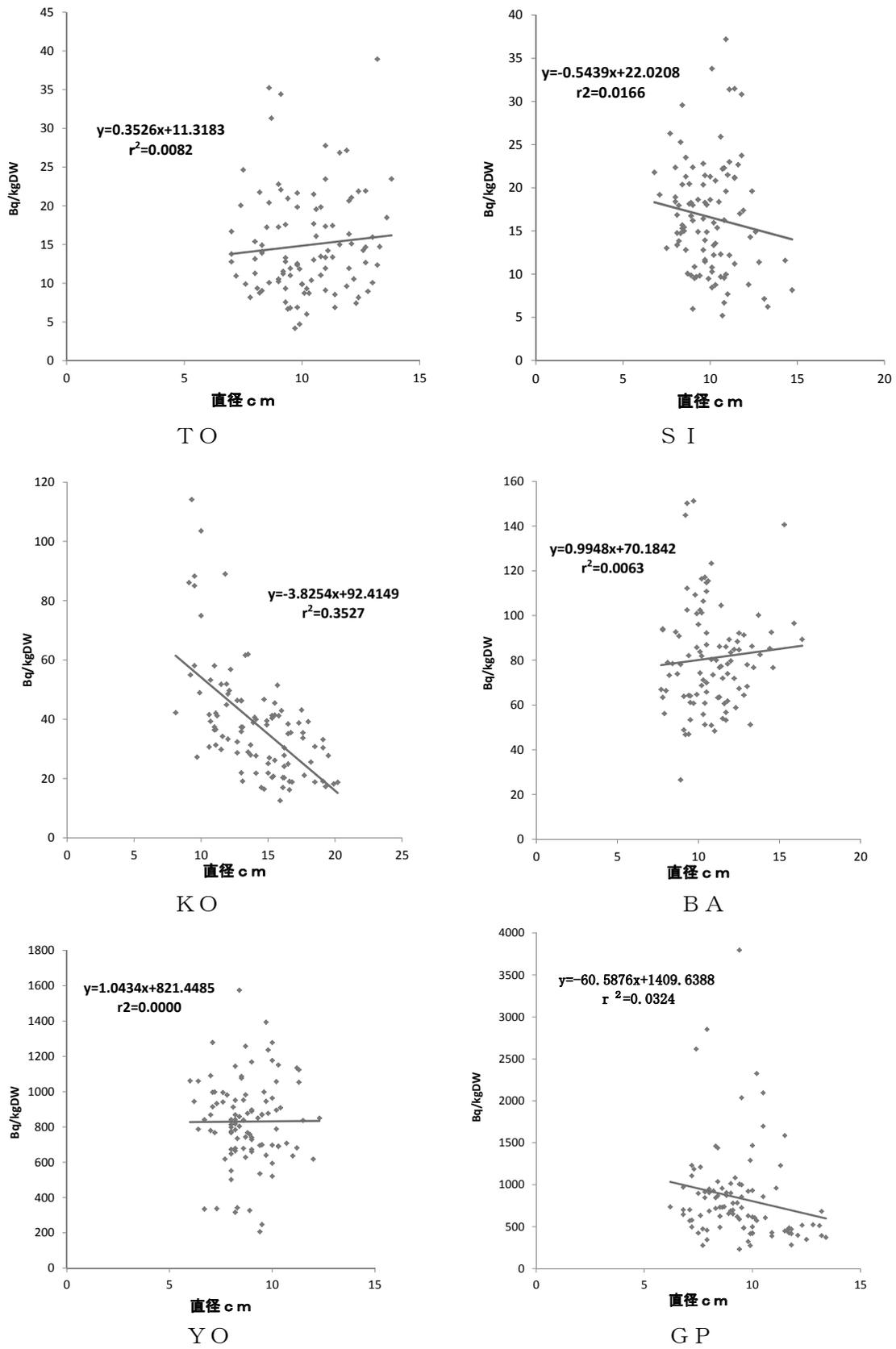


図-8 原木の直径と¹³⁷Cs濃度の関係
 注) アルファベットは原木ロット名を示す。

3 樹皮タイプと原木濃度の関係について

各原木の樹皮タイプと原木¹³⁷Cs濃度の関係を図-9に示す。

樹皮タイプと原木¹³⁷Cs濃度間で「TO」ロットにのみ樹皮が荒いほどやや高くなる傾向が見られた。

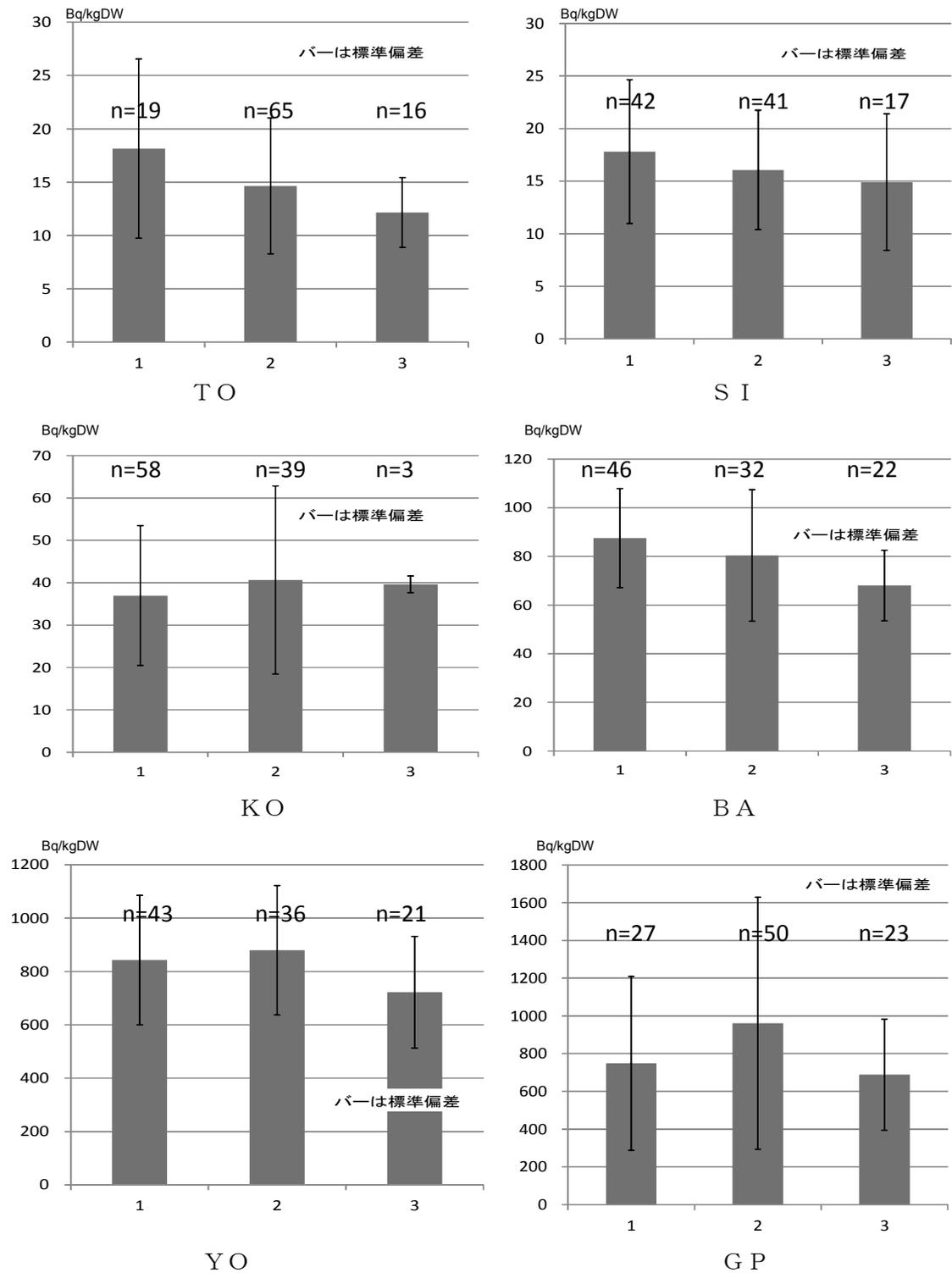


図-9 樹皮タイプ別の原木¹³⁷Cs濃度

IV 考察

1 原木ロット毎の推定式と変動幅の推定について

原木ロット毎の¹³⁷Cs濃度分布傾向の把握を目的として近似式の作成と理論上の変動幅を求めた。

個々の原木ロットの原木¹³⁷Cs濃度分布傾向の近似式を最小2乗法で求めた。その結果、近似式は下記の5次式で最も大きな決定係数を得た。それぞれの係数を表-3に示す。

$$y=a_1x+a_2x^2+a_3x^3+a_4x^4+a_5x^5+b$$

表-3 近似式の係数等と変動幅

ロット	a 1	a 2	a 3	a 4	a 5	b	決定係数	推定最高値 (Bq/kgDW)	推定最低値 (Bq/kgDW)	推定変動幅
TO	0.8424	-0.0453	0.0012	-1.38515E-05	5.91686E-08	3.2790	0.9876	37	4	10.0
SI	0.7458	-0.0375	0.0010	-1.26856E-05	5.57479E-08	4.3252	0.9935	36	5	7.7
KO	1.4217	-0.0849	0.0028	-3.78595E-05	1.82058E-07	11.5968	0.9889	111	12	9.1
BA	3.1441	-0.1489	0.0038	-4.46079E-05	1.93172E-07	34.7465	0.9897	154	36	4.2
YO	59.5438	-2.5198	0.0545	-0.0006	2.16233E-06	128.1254	0.9899	1,471	157	9.4
GP	74.4904	-5.1059	0.1525	-0.0019	8.75121E-06	68.8147	0.9747	3,309	105	31.6

また、次の方法で理論上の最高値と最低値を求めた。

パーセンタイルと¹³⁷Cs濃度の予測値推定式(図-10)をパーセンタイルの中央を中心に偶数値と奇数値を左右に振り分けると(図-11)中高な左右対称の形となりその中央は100パーセンタイルより0.5パーセンタイル相当上方となる。そこで推定式のXに100.5を代入し、理論上の最高値とした。また、同様に振り分けを逆にし、Xに0.5を代入し、理論上の最低値とした。なお、図-10、図-11は「TO」ロットの例である。

推定された最高値と最低値の比である推定変動幅の最低は「BA」ロットで4.2、最高は「GP」ロットで31.6であり(表-3)、原木ロット間で大きな開きがあった。

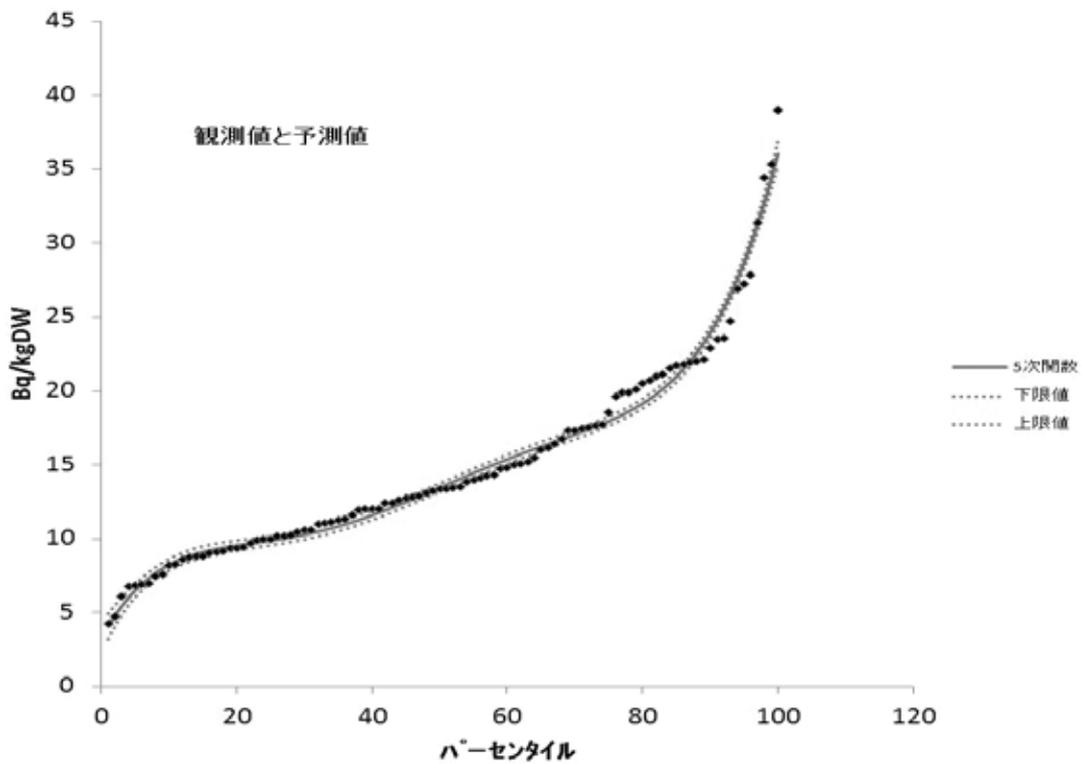


図-10 「TO」ロットにおける5次近似式における予測値と実際の観測値

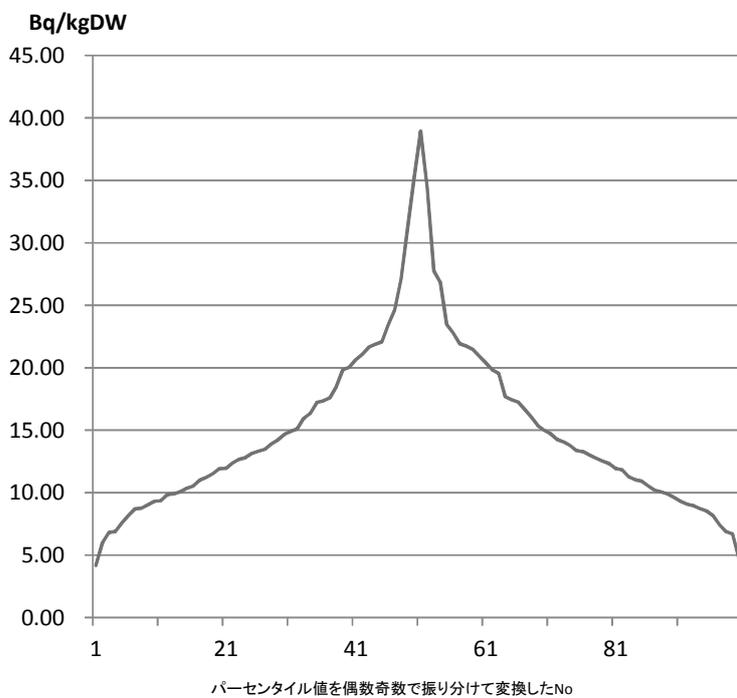


図-11 「TO」ロットにおける各原木毎の¹³⁷Cs濃度を左右に振り分けた図

2 測定値の平準化による原木ロット間¹³⁷Cs濃度分布傾向の比較について

表-3に示した各原木ロットの¹³⁷Cs濃度は平均値が大きく異なり、そのままでは比較できないため、実測値を各原木ロットの中央値で除することにより相対度数を求めて、値の平準化を行った結果を図-12に示す。度数分布が右に裾野を引く形で有り最大値付近に突出した値があるため、通常使用される平均値を用いずに中央値を使用した。

各原木ロットとも、0~90パーセンタイル付近までは同様の傾向を示しているが最高値付近では大きくばらついていることが分かった。また、表-1の空間放射線量率が最高である「YO」ロットのばらつきが一番小さく、2番目に高い「GP」ロットのばらつきが一番大きい結果となり、最高値付近のばらつきの大きさと各原木ロット採取地の空間放射線量率の違いによる傾向は見られなかった。

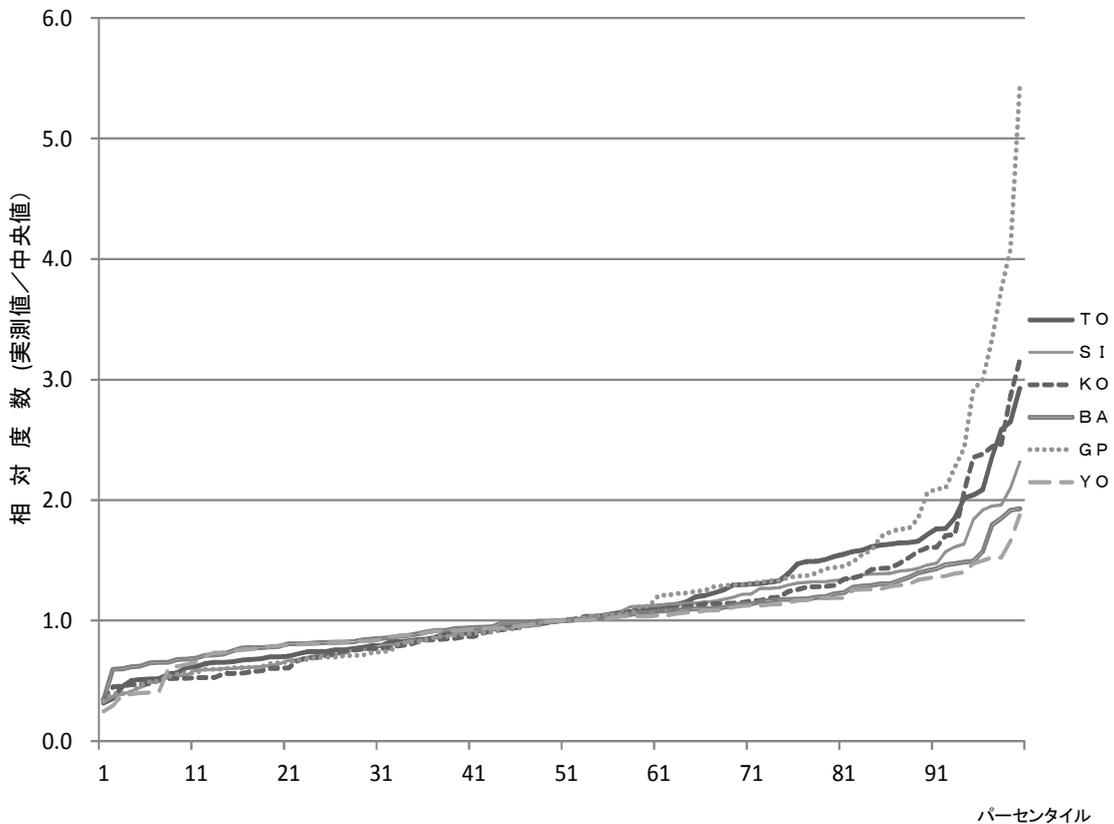


図-12 平準化した各原木ロット相対度数

3 平準化された全データの¹³⁷Cs濃度分布傾向について

全ロット原木の平準化された値をまとめたデータの基本統計量を表-4に示す。全原木をパーセンタイルで表記したところ、5次または3次の近似式が得られた(図-13)。0~90パーセンタイル間では、相対度数の分布が中央値±0.5の範囲で、5次式と高い相関が見られた。90パーセンタイルを超える部分では相対度数の分布が

中央値±0.5を大きく超えるものもあり、5次式との乖離が大きかった。

このことは、原木ロットの¹³⁷Cs平均濃度や原木ロット採取地の空間放射線量率と相対度数の関係において、高い外れ値が出現する危険性を示しているため、今後、外れ値の出現要因を解析する必要がある。現段階では、伐木造材時点と現場での仮置き時の土壌等による追加汚染が考えられる。

表-4 標準化後の6ロット全原木に関する基本統計量

供試検体数	600	
平均値	1.074	
中央値	1.000	
不偏標準偏差	0.505	
変動係数	0.470	不偏でない標準偏差／平均値
相対標準偏差	0.505	中央値による分散の平方根／中央値
最小値	0.246	
最大値	5.433	
4分位数範囲	0.507	3 / 4 ⇔ 1 / 4 分位数

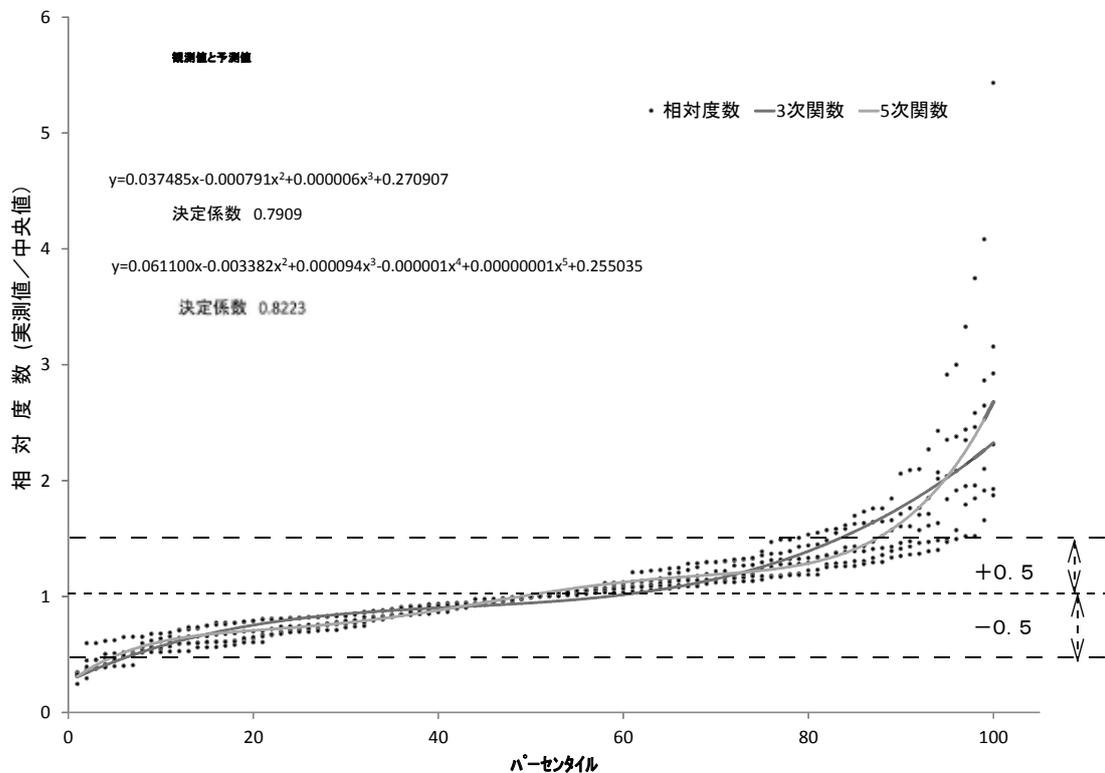


図-13 平準化した全原木の相対度数

V おわりに

今回調査した6つの原木ロットにおいては、原木1本毎の¹³⁷Cs濃度では同じような濃度分布傾向が見られたが、最大値付近では外れ値のような大きな値が見られ、ばらつきの大きな結果となった。原木放射性物質管理の現場では最高値を管理する必要があるため、今後は、このばらつきの原因究明が必要である。

直径、樹皮タイプと原木¹³⁷Cs濃度にも関係は見られなかったことから、伐採可否を判定するための試し切りによる原木生産時の調査精度向上に個々の樹木の外見上の特徴を利用することは難しいと思われる。当面は、一部の高い値を除外するため、非破壊検査機の活用が有効と思われる。

VI 文献

- 1) Accenture.” 2018 きのこ類に関する流通実態分析（しいたけ・なめこ）” 農林水産省 .<http://www.maff.go.jp/j/okusan/ryutu/attach/pdf/180328-1.pdf>, (参照 2018_10_11) .
- 2) 原子力規制委員会.” 2011. 福島県及びその近隣県における航空機モニタリング（平成 23 年 5 月 31 日～7 月 2 日測定）” 原子力規制委員会.
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/362/list-1.html>, (参照 2018_03_24) .
- 3) 川口知穂（2014）森林内における放射性物質の移動実態の把握.福島県林業研究センター研究報告 47：21-42.
- 4) 小川秀樹.” コナラ立木の高さ別の樹皮セシウム濃度分布” 福島県放射線関連支援技術情報（平成 28 年）. <http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/211423.pdf>, (参照 2018_10_11)
- 5) 林野庁.” きのこ原木及び菌床用培地の当面の指標値の設定について（平成 23 年 10 月 6 日）” . <http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/shiitake/sihyouti.html>, (参照 2018_03_24) .

VII 補注

補注 1) 原木ロット

10ha以下の同一の林分から同一時期に生産され、同一の生産者により、きのこ生産の各段階で同一の管理が行われる原木・ほだ木の集合。福島県の原木きのこ生産における放射能対策の基本単位（1ロットあたりの本数は生産者や生産施設によって様々で、通常は100～3000本程度）原木モニタリングにおいては3本／ロット平均の抽出調査で使用の可否を判断している。