The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	福島県浜通り地域における栗の^{137}Csの吸収について
Author(s)	
Citation	令和4（2022）年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2023
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/90986
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式６

申請先学部　　工学部　採択番号　No. 1

令和４年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏　　名	きたがわ　ある 北川　　有	学部 学科	工学部環境エネルギー工学科	学年	２年
ふりがな 共　同 研究者氏名	おかむら　たくみ 岡村　　拓実	学部 学科	理学部物理学科	学年	３年
	おおたに　まさき 大谷　　真輝		法学部法学科		２年
	たいら　ゆうや 平　　悠矢		理学部化学科		１年
アドバイザー教員 氏名	髙橋　賢臣	所属	安全衛生管理部		
研究課題名	福島県浜通り地域における栗の ^{137}Cs の吸収について				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				

１，はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う福島第一原子力発電所事故から 11 年が経過した。震災直後と比べると、この 11 年間で原発事故による帰還困難区域の範囲は狭まり、住民の帰還も始まっているが、未だに大きな影響が残っている。本研究のフィールドである飯舘村も大部分の避難指示は解除され住民の帰還が進んでいるが、住民の 20%ほどが帰還したところで頭打ちになっている現状がある。私たちは、夏学期に開講されている集中講義である「福島県浜通り地区環境放射線研修」に参加し、その一環として飯舘村で土壌や植物の採取と測定を行ったり、飯舘村やその周辺地域について学習したりした。そして、^{137}Cs の環境動態や、土壌から植物・動物への放射性物質の移行について調査することでより理解を深めたいと考え行ったのが、昨年の先行研究『福島県浜通り地域における野草中の ^{137}Cs の測定』である。本研究では、可食部が種に当たり、他の果実とは性質が異なることも考えられる栗における Cs-137 の分布にフォーカスし、特に葉と実の放射能濃度の関係を求めることで、植物中の Cs-137 の動態をより理解することを目的とした。

２，試料採取・処理

2021 年 6 月から同年 11 月にかけて計 3 回、飯舘村において試料採取を行った。調査を行う植物は、「福島県浜通り地区環境放射線研修」でもサンプリングをさせていただいている沼山に事故以前から生えている栗の木 4 本を対象とし、6 月に葉と土壌、8 月に葉、10 月に葉と実を採取した。土壌は、栗の木それぞれの根本で採取可能な場所から、採土補助器を用いて直径 5.0 cm 深さ 5.0 cm の土壌を採取した。試料を採取した地点は、以下の図 1 に示した。今回試料を採取した場所は、福島第一原発から 34km の地点である。

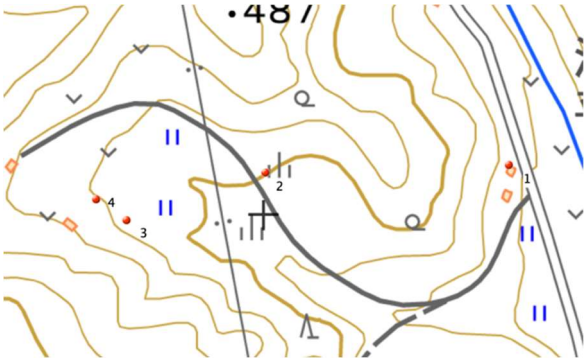

図１：飯舘村でのサンプリング地点

図２：福島第一原発との位置関係

試料はできる限り均質で幾何学的条件の揃った状態で測定できるようにする。乾燥や裁断などの処理を施した試料を十分に攪拌した上で、放射線測定容器（U-8 容器）に充填することで幾何学的条件を一様にする。

土壌の試料は、一度ビニール袋に移し替えて均一になるように充分攪拌した後、U-8 容器に充填した。処理した試料は図３のような状態にして測定に供する。

また、植物の試料については、葉・可食部・非可食部など部位ごとに分けて細かく裁断し、U-8 または U-9 容器に充填した。通常、植物のようなサンプルを U-8、U-9 容器に重点する際、細かく刻むのには限界があるため、密度の低いサンプルができることになる。そして、密度の低いサンプルに対する計測として、まず、サンプル高さの決定の難しさ、標準線源とは密度の違いにより 662keV のγ線の自己吸収補正を正しく評価することへの難しさが生じる。そこで、高さによる測定効率の補正をできるだけ標準線源と同じと仮定するために、葉っぱの押し潰し測定を行うことにした。押し潰しの際は、U-8、U-9 容器の内径に合わせた底面を持つ円柱を 3D プリンターで造形し、図４のようにして押し潰しを行った。また、サンプルの押しつぶしを行ったことで、サンプルがのぞむ立体角にも大きくなり、測定効率が向上している。

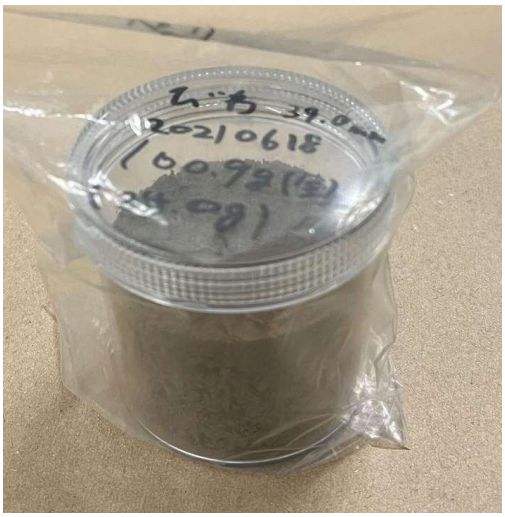

図３：処理した土壌サンプルの例　　図４：植物サンプルの押しつぶしの例

３，測定解析

試料中の ^{137}Cs の放射能測定は、Ge 半導体検出器による γ 線スペクトロメトリ(1)により行った。^{137}Cs について 662keV の γ 線を測定し、濃度既知の試料との比較を行うことにより放射能濃度を求めた。

解析の手順は以下のとおりである。

1. Ge 半導体検出器を用いて、それぞれの試料についてスペクトルを得る。今回は、1 台の Ge 半導体検出器を、6 月 19 日採取のサンプルは鉛遮蔽なしで、10 月 9 日採取のサンプルは鉛遮蔽をしてから用いた。(以下、鉛遮蔽がない場合を①、鉛遮蔽をした場合を②と表記)
2. ^{137}Cs の 662keV のピークについて、近くに置いた試料の影響や自然放射線の影響が無視できないため、試料測定中と同様の状況で測定したバックグラウンドのピーク計数を規格化したものと試料を測定した際のピーク全体の計数との差から計数を求める。
3. 幾何学的条件を考慮して ^{137}Cs 濃度が既知である試料(^{137}Cs 濃度が 20340±652Bq/kgの土壌)から、試料の形状に対する効率曲線を求める。ピーク計数 n と試料の放射能 A(Bq)は、検出効率 ε と測定時間 t を用いて式（1）のように求められる。

$$A = \frac{n}{\varepsilon t I_\gamma} \qquad (1)$$

ただし、I_γは ^{137}Cs 由来の γ 線のうち 662keV の光電ピークに含まれるものの割合。

先述の ^{137}Cs 濃度が既知である試料を用いて、高さ $10,20,30,40(mm)$ の既知試料iを用意し、εを試料高さ h の一次関数と仮定して、

$$\varepsilon(h) = ah + b \qquad (2)$$

とおき、最小二乗法によりaとbを決定した。

この関係から測定した試料の放射能を決定する。

ピークの位置は天然放射性核種によるピークとの比較から決定した。エネルギー校正は ^{137}Cs の 662keV のピークと ^{40}K の 1460keV のピークにより行った。

また、誤差の評価については、放射能濃度を求めるための入力量のうち、最終的な放射能濃度への寄与の大きさから、試料のピーク計数、校正に利用した既知試料の放射能濃度、校正時のピーク計数、バックグラウンドのピーク計数の 4 つを考慮している。

４，解析結果と考察

各サンプルの放射能濃度を以下の表に示す。表中に記載されている ND とは、サンプル中に放射能が優位に検出されているとは言えないことを表す。

表 1:各サンプルの放射能濃度

サンプル名	放射能濃度(Bq/kg)	サンプル名	放射能濃度(Bq/kg)
20220619-1-1m	ND	20220619-3-2m	106.5±7.4
20220619-1-3m	158.2±17.5	20220619-3-5m	ND
20220619-1-5m	ND	20220619-3-6m	ND
20221009-1-1m	277.8±3.5	20221009-3-3m	130.7±4.7
20221009-1-3m	246.1±7.5	20221009-3-3m 実	34.53±2.77
20221009-1-5m	187.6±4.3	20221009-3-3m 皮	30.36±10.06
20221009-1-7m 実	106.5±4.5	20221009-3-5m 実 ○	967.9±7.1
20221009-1-7m 皮	138.2±7.2	20221009-3-5m 皮	702.9±8.4
20220619-1-土	12166±98	20220619-3-土	10971±66
20220619-2-1m	ND	20220619-4-1m	204.6±13.9
20220619-2-3m	ND	20220619-4-3m	121.3±16.7
20220619-2-5m	ND	20220619-4-5m	207.9±15.0
20221009-2-1m	サンプルなし	20221009-4-1m ○	854.9±8.9
20221009-2-3m	69.14±4.34	20221009-4-3m ○	846.9±8.4
20221009-2-5m	69.44±2.59	20221009-4-4m ○	840.2±22.5
20221009-2　実	サンプルなし	20221009-4-5m 実	
20221009-2　皮	サンプルなし	20221009-4-5m 皮	230.0±17.7
20220619-2-土	7890±63	20220619-4-土	7932±70

ここで、サンプル名の横に◯がついているサンプルについては、測定の際に半値幅が予想される値より高く出ていたサンプルであり、この原因については、測定時稼働していた加速器の影響でが考えられるが、真相究明には至っていない。マシンタイムの都合で再測定できなかったため、測定値が高く見積もられている可能性もあることを考慮に入れて議論する。また、ND のサンプルについては、放射能濃度を同定できていないことを考慮する。

得られた結果が以下のことが考えられる。

1. 時期ごとの比較

葉の放射能濃度は、6 月よりも 10 月の方が放射能濃度が高い傾向が見られている。同じ木から採取された葉の放射能濃度を比較すると、全ての木において、10 月の葉の放射能濃度の方が高くなっている。

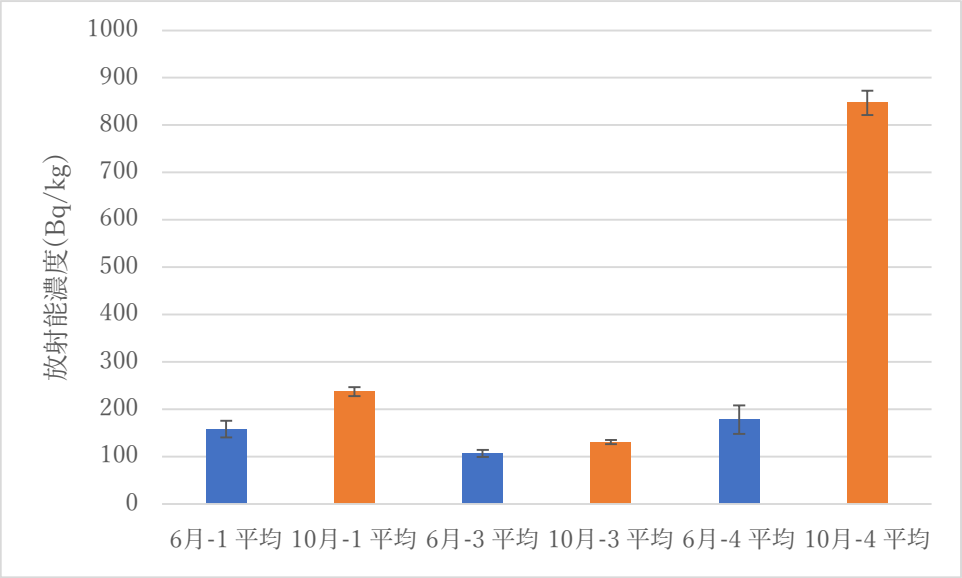

図 5：6 月と 10 月の葉の放射能濃度の比較

他の種類の木では、春よりも秋の方が葉の放射能濃度が低い傾向が確認されているが [3)]、今回採取し

た栗の葉のサンプルではその逆となった。6 月のサンプルは鉛遮蔽をしておらず、鉛遮蔽をして測定した 10 月のサンプルより多めにバックグラウンドを見積もってしまい、6 月のサンプルの放射能濃度が低く出ている可能性があるので、事実解明のために両者とも鉛遮蔽を行い、同じ測定環境で再度比較検討したい。

2. 実と葉の比較

10 月の実や皮と葉の放射能濃度を比較したところ、葉の方が放射能濃度が高い傾向にあり、4 サンプル中 3 サンプルで葉の放射能濃度が実の放射能濃度を上回った。他の植物で、Cs が果実や種子よりも葉に溜まりやすい傾向が確認されており [4)]、栗もこの傾向に当てはまっていると考えられる。

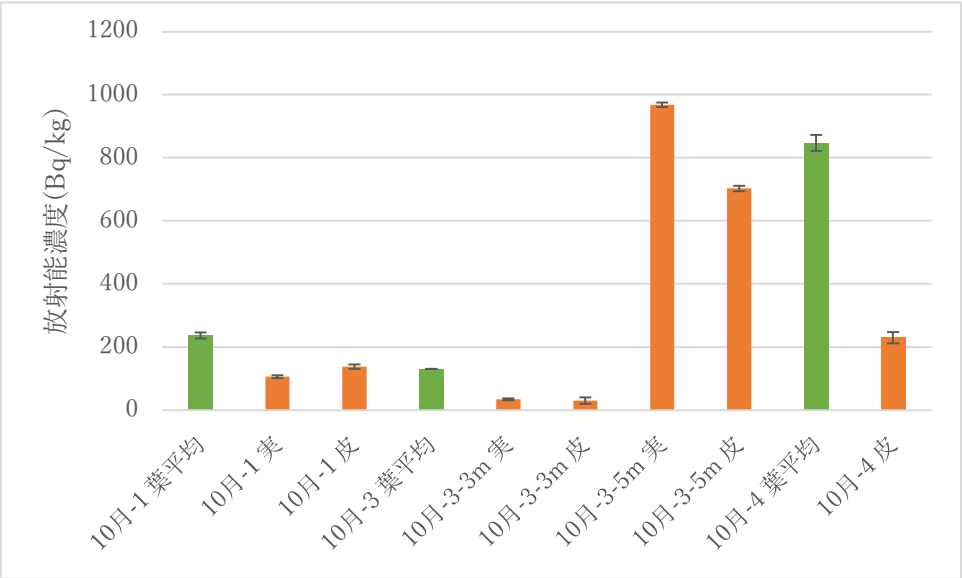

図 6：栗の葉と実、皮の放射能濃度

3. 土と葉の比較

他の樹木、特にスギやコナラで土壌中の Cs-137 の経根吸収の割合が調べられており、多くの樹木では、経根吸収される Cs-137 の割合は土壌中に存在している量の 1%未満であると言われている [5)]。ここでは、植物試料と生育場所の土壌との Cs 濃度比

濃度比＝植物中の Cs 濃度(Bq/kg 湿重)／土壌中の Cs 濃度(Bq/kg 湿重)　　(9)

を定義し、これと比較した。この結果を以下に示す。

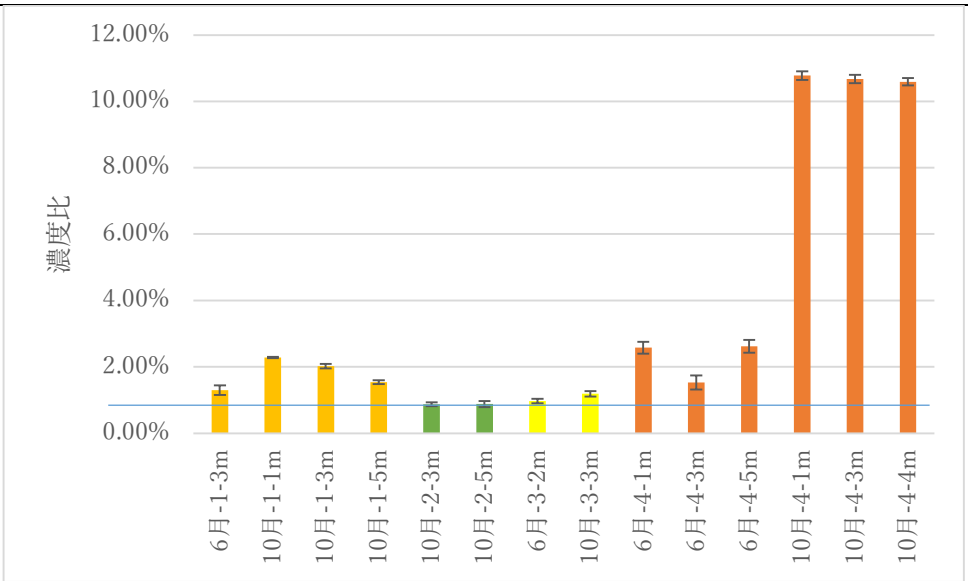

図 7:各サンプルの濃度比

1 と 4 の葉については、1%を大きく上回っており、植物体内に原発事故当時に降下して木に付着するなどして取り込まれた Cs が体内に留まっていることが予想される。この結果を確かなものにするため、葉などの末端だけではなく、樹皮に付着している Cs-137 や幹の内部に取り込まれた Cs-137 の量を時期ごとに調査することによって、葉や実に含まれる Cs-137 の由来が体内にあったものなのか、根から新たに吸収したものなのかについて解明する一助としたい。

4. 高さごとの比較

10 月の葉のサンプルを比較すると、高所にある葉ほど放射能濃度が低い傾向が見られた。木 1 については有意な差が見られたが、木 2 と木 4 については有意な差は見られなかった。高いところほど新しい葉が多いと考えられるので、高さ依存ではなく、葉の元となる枝の新しさに依存することも考えられるので、追加調査が必要である。

5， 反省と展望

今回の自主研究では、以下の点が反省点として上がった。まずは、調査対象とした木の本数が少なく、位置も近かったため、降下した Cs の量や、周辺の土壌の放射能濃度が、植物体中の放射能濃度に与える影響を深く検討できなかったところである。今後は、サンプリング地点を増やし、原発事故時に降下した Cs-137 の量との関連も調べたい。次の反省点は、試料採取のタイミングが悪く、栗の実を十分な数採取できなかった点である。サンプルの放射能濃度の精度を上げるためには、サンプルの量を増やして、十分に統計を貯める必要があるので、次回からはその点に留意したい。最後の反省点は、6 月採取のサンプルを鉛遮蔽を組んで測定することができなかった点である。鉛遮蔽がなかったため、バックグラウンドを多く見積もってしまったことや、検出限界値が上がり有意な測定にならなかったり、サンプル由来の放射線エネルギーピークがバックグラウンドに埋もれてしまうことがあった。マシンタイムの短さを考慮して、効率的な測定を行いたい。また、植物体内への Cs の取り込みについてのメカニズムは、わかっていない部分も多いため、追加調査を行うことによって、事実解明への一助としたい。

6， 謝辞

本研究を進めるにあたり、試料や、試料の採取場所を提供していただきました飯舘村には心より御礼申し上げます。また、試料採取の際にご同行いただいた伊藤延由様には感謝の念に堪えません。さらに、アドバイザー教員を引き受けてくださった安全衛生管理部の髙橋賢臣准教授、試料採取にあたってご指導いただいた尚絅学院大学の齊藤敬教授、放射線科学基盤機構の岡田美智雄教授、Ge 半導体検出器をはじめとした機器を快くお貸しくださった核物理研究センターの吉田裕介特任助教、測定解析についてご指導いただいた核物理研究センターの青井考教授、その他様々なところでご協力いただいた、浜通り地区環境放射線研修に関わっていらっしゃる先生方など、非常に多くの方にご協力いただきました。本当にありがとうございました。

７，参考文献

1）ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー,放射能測定法シリーズ,公益財団法人日 本分析センター, 2020

2）草塲新之助,“クリ園における放射性セシウムの蓄積”, 農研機構, https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/fruit/2011/a00a0_01_71.html

3）福島における３樹種の幼木の当年生枝葉の放射性セシウムとカリウム濃度の季節変化
田中 憲蔵、齊藤 哲、三浦 覚、梶本 卓也、小林 奈通子・田野井 慶太朗

4）カキの果実及び葉中の放射性セシウムの濃度の比較　―2011 年春～2013 年夏までの結果―
田上恵子、内田滋夫

5）環境回復に係る研究開発　~環境動態研究~
廃炉環境国際共同研究センター　新里 忠史