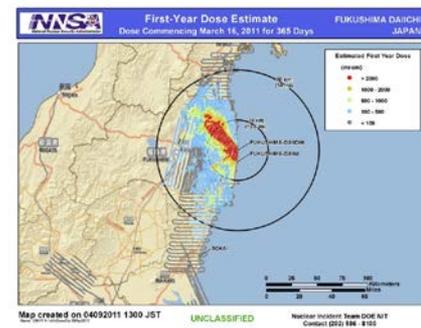


サンプリング方法の提案： 安定セシウムを利用した シイタケ原木における セシウム移行に関する研究

マーティン・オブライアン

東京大学大学院農学生命科学研究科

福島県とキノコ産業



- 福島県はキノコ原木の重要な供給源だった。
(三浦, 2016)
- 食品中放射性セシウム(^{134}Cs , ^{137}Cs)濃度が
100Bq/kgを超えると流通させられない
(厚生労働省, 2012)
- 放射性セシウムで汚染された森林の木をキノコ
原木として使うことは推奨されない。

樹木中の放射性セシウムの現状と今後

- 環境中の放射性セシウムは平衡状態に達していないことから、樹木の中の濃度は今後高まると予想される。(Mahara et al.,2014)
 - 2012: 6 – 47 Bq/kg (測定値)
 - 2039: 120 Bq/kg (数理モデル予想値)
- シイタケは多くの栄養を木部から吸収する。
- 放射性セシウムの移動:
 - 樹皮 → 木部 (Mahara et al., 2014; Wang et al., 2018)
 - 土壌 → 木部 (IAEA, 2006; Ohashi et al., 2017)

安定セシウム(^{133}Cs)

- ^{133}Cs は自然環境中に存在し、生態系の中で平衡状態にある (Mahara et al., 2014)
- ^{133}Cs と ^{137}Cs の化学的形質は同一と言える。
- ^{133}Cs を利用することで、放射性セシウムの長期的な振る舞いを理解することができる (Ruhm et al., 1999; Yoshida et al., 2004; Karandeniz & Yaprak, 2007)

□ キノコ原木
& シイタケ子実体
[This project]



$$\text{移行係数} = \frac{\text{しいたけ}^{133}\text{Cs}}{\text{原木}^{133}\text{Cs}} \approx \text{移行係数} = \frac{\text{しいたけ}^{137}\text{Cs}}{\text{原木}^{137}\text{Cs}}$$

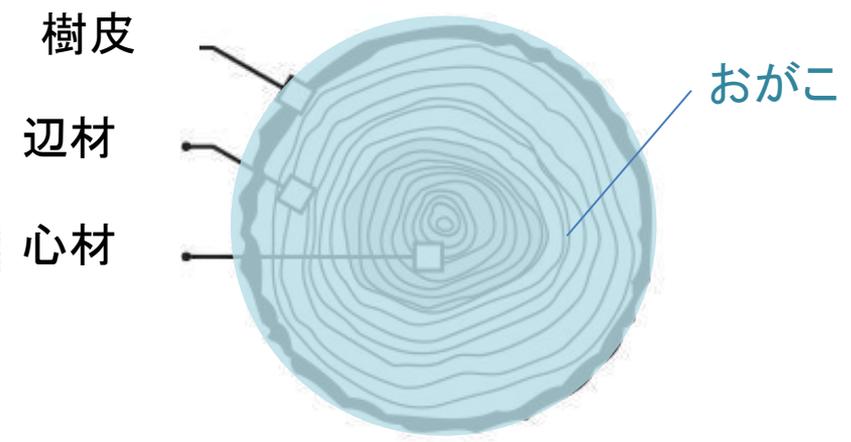
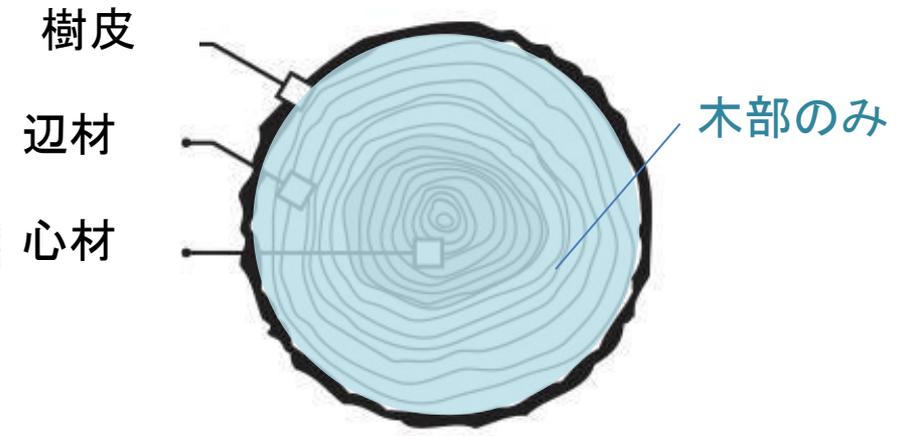
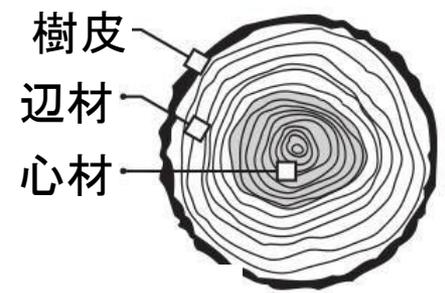
- 木部のみのサンプル

- 辺材 + 心材

- 原木全体のサンプル

(おがこ: おがくず・のこぎりくず)

- 樹皮 + 辺材 + 心材



背景

従来のサンプリング方法(木部のみ)

時間効率?	X
人的効率?	X
コンタミ防止?	X
多サンプル(n = ~380本*)?	X
木部だけ取り出せるか?	○

*Krejcie (1970)



1. 10cm刻みで切断&乾燥



2. 樹皮を剥ぐ (樹皮は廃棄)



所用時間: ~ 2.5 時間/本

3. のみと金づちで木部を細かく割る



4. Horai mill (装置名) で砕く



5. Iwatani mill (装置名) で細かく

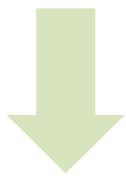


本研究での新提案: おがこのサンプリング

時間効率?	○
人的効率?	○
コンタミ防止?	○
多サンプル($n = \sim 380$ 本)?	○
おがこが原木全体を反映しているか?	?



1. 10cm刻みでのこぎりで切断; おがこを集めて乾燥



2. Iwatani millで細かく



粗い



細かい

移行係数



- 移行係数 = $\frac{\text{しいたけの}^{137}\text{Cs濃度}}{\text{原木の}^{137}\text{Cs濃度}}$

- 2 = $\frac{100 \text{ Bq/kg}}{\text{原木の}^{137}\text{Cs濃度?}}$

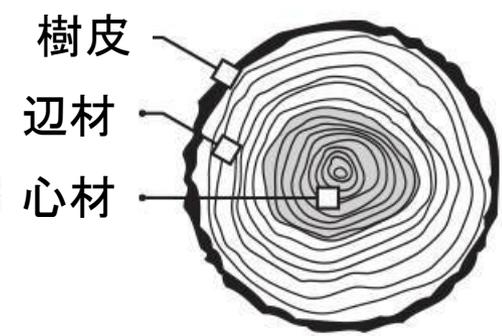
しいたけは100 Bq/kgを超えると流通できない (厚生労働省, 2012)

2011-2012年の時点では、90%のサンプルが移行係数2以下だった (森林総研, 2012)

- 原木の ^{137}Cs 濃度 = $\frac{100 \text{ Bq/kg}}{2} = 50 \text{ Bq/kg}$

50 Bq/kg: キノコ原木の暫定規制値

本研究で問うこと

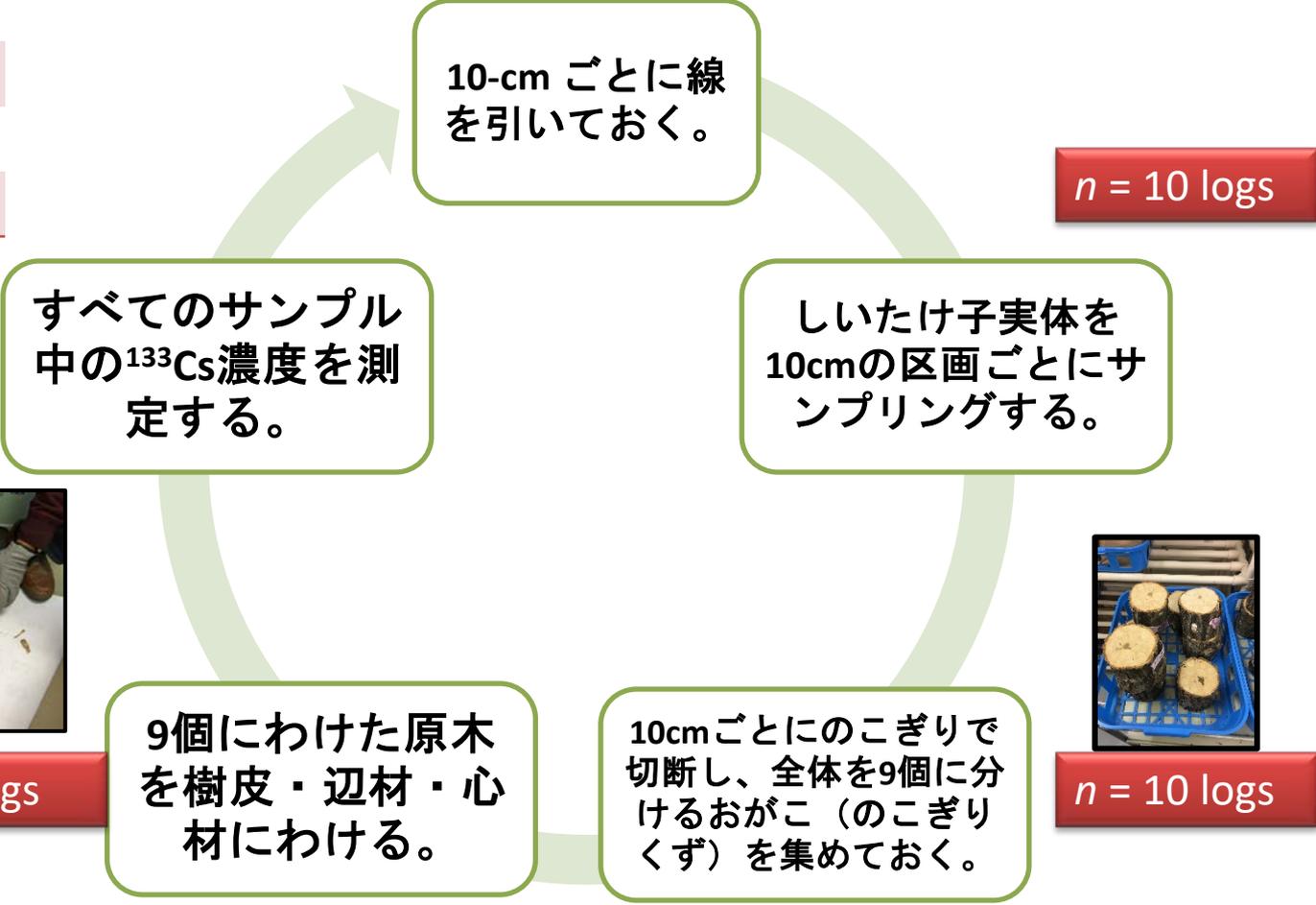


1. ^{133}Cs のしいたけへの移行係数を算出する際、値は、おがこ(原木全体)、辺材、心材でどの程度変わるのだろうか？
2. ^{133}Cs の濃度は、樹皮・辺材・心材で同じだろうか？
3. 1本(木+しいたけ)を解析するのに、おがこ・しいたけ子実体はそれぞれどれくらい必要だろうか？

方法

	サンプル数/1本
しいたけ子実体	9
おがこ (のこぎりくず)	8
樹皮	9
辺材	9
心材	9

10 cm



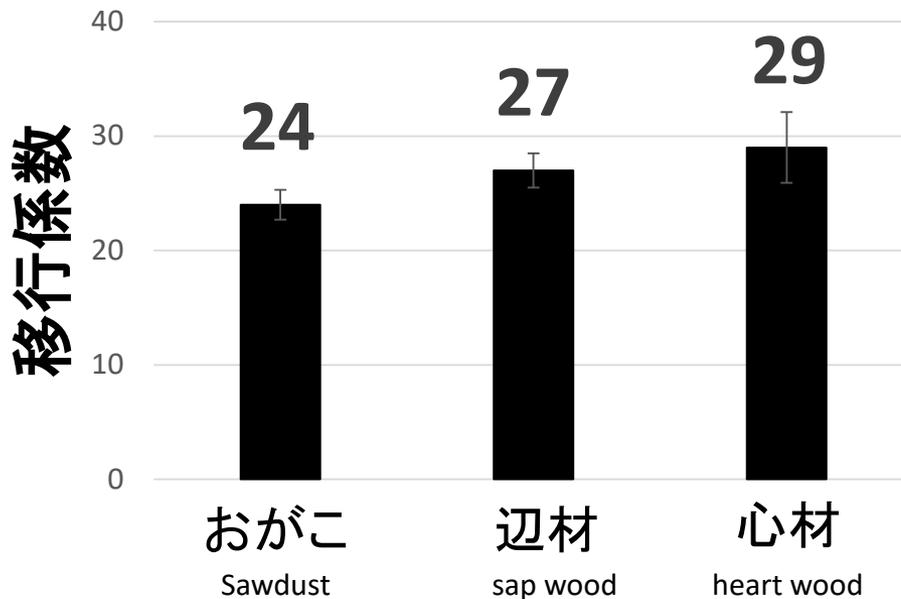
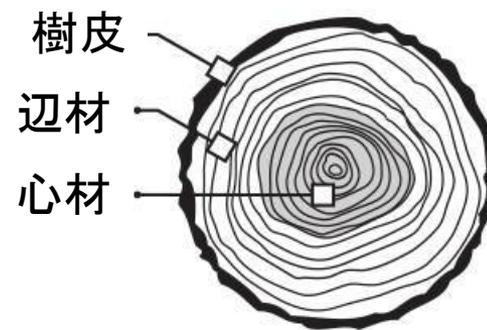
n = 5 logs



n = 10 logs



シイタケへの¹³³Csの移行係数 算出結果



移行係数

$$\text{移行係数} = \frac{\text{しいたけの}^{133}\text{Cs濃度}}{\text{おがこの}^{133}\text{Cs濃度}}$$

$$\text{移行係数} = \frac{\text{しいたけの}^{133}\text{Cs濃度}}{\text{辺材の}^{133}\text{Cs濃度}}$$

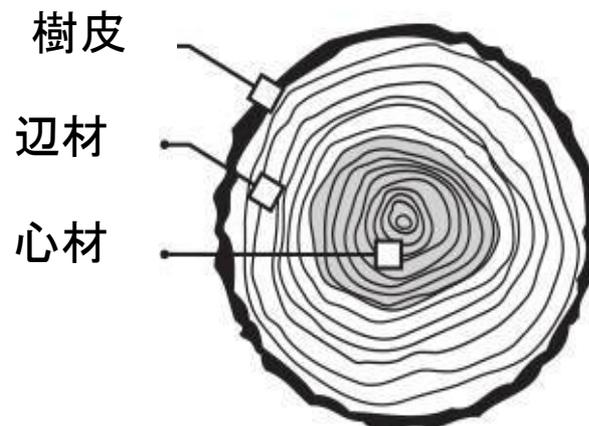
$$\text{移行係数} = \frac{\text{しいたけの}^{133}\text{Cs濃度}}{\text{心材の}^{133}\text{Cs濃度}}$$

平均値 ± 標準誤差 (n = 5 logs).

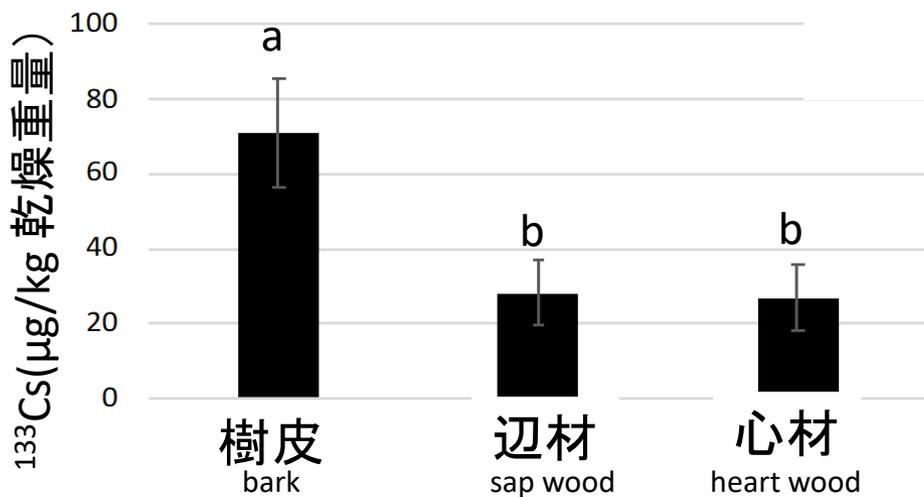
P > 0.05; One-way ANOVA.

1. おがこを元に移行係数を調べると、他よりもやや低めの値となった。
2. 今回の移行係数は乾燥重量ベースであり、新鮮重ベースで計算すると約4であった。

原木の各部位の¹³³Cs濃度



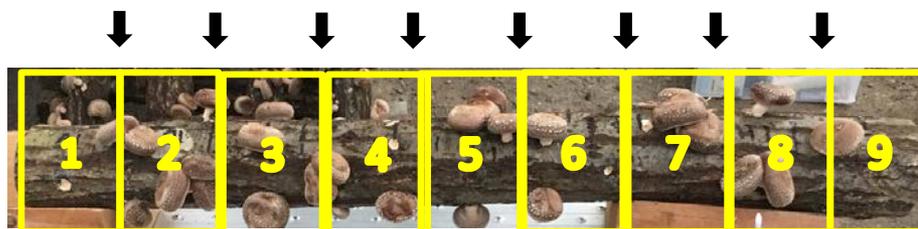
¹³³Cs



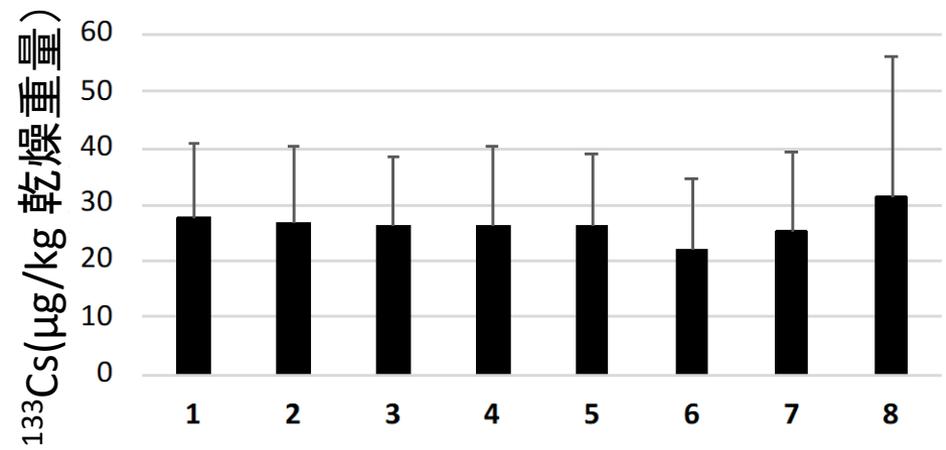
平均値 ± 標準誤差 ($n = 5$ logs).
 $P = 0.023$; One-way ANOVA & Tukey post-hoc test.

おがこの¹³³Cs濃度が高いことから、原木-しいたけ移行係数の算出におがこを用いると、やや過小評価していることになる。

結果



原木10本を実施した結果



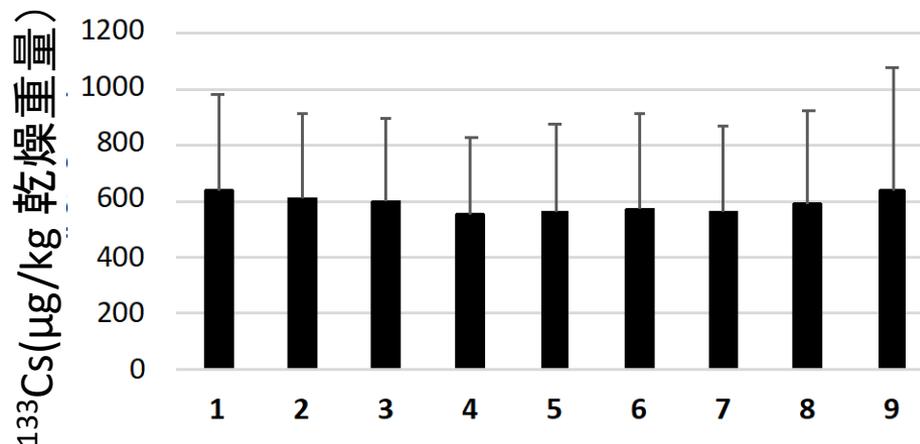
平均値 ± 標準誤差 ($n = 10$).
 $P > 0.05$; One-way ANOVA.

おがこ中の
¹³³Cs 濃度

推奨: 簡単なので1本あたり8箇所のおがこを集めて混ぜるとよいでしょう。



原木10本を実施した結果

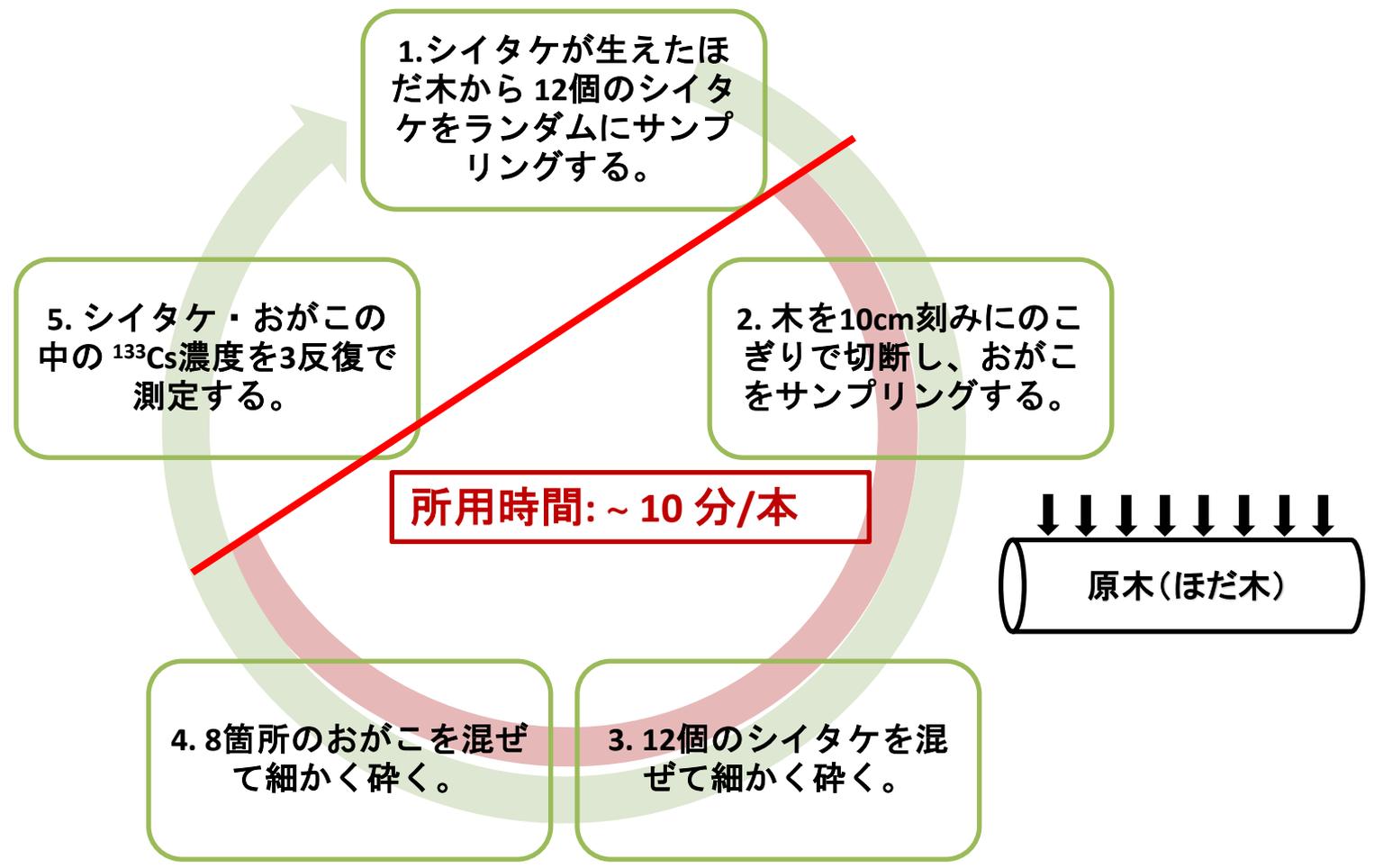


平均値 ± 標準誤差 ($n = 10$).
 $P > 0.05$; One-way ANOVA.

しいたけの
 ^{133}Cs

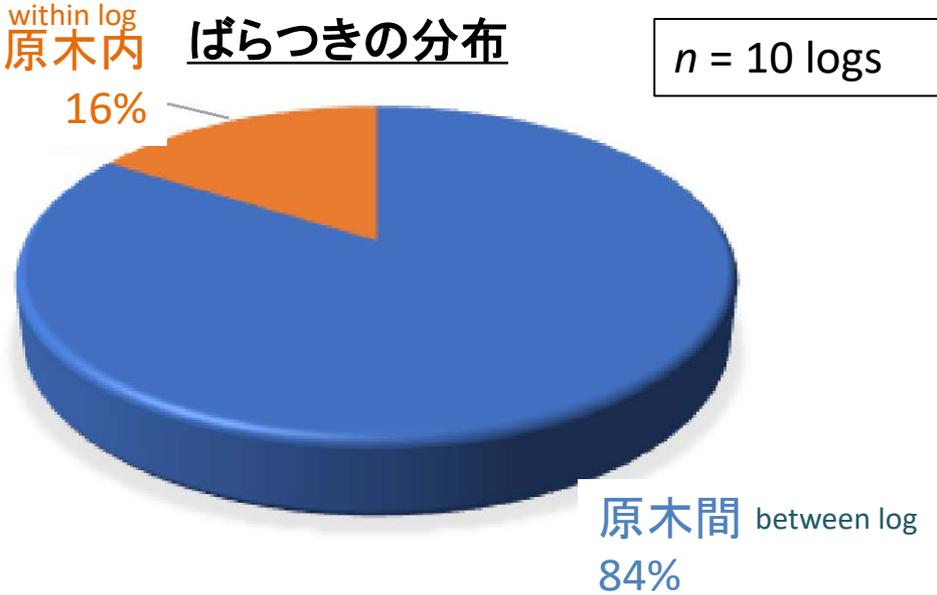
推奨： 簡単なので、しいたけはランダムに12個ぐらいサンプリングして混ぜるとよいでしょう。

今回提案する、 おがこを使ったサンプリング方法のまとめ



	従来法 (木部のみ)	本研究 (原木全体)
時間効率化は？	X (~ 2.5 h/log)	○ (~ 10 min/log)
人的効率化は？	X	○
コンタミ防止は？	X	○
原木全体を反映するか？	○	○
多サンプル ($n = 380$ 本) は？	X	○

- ^{133}Cs 濃度は、1本の原木内での差よりも、原木間の差の方が大きい。
- 本研究の方法を用いることで、多サンプルを測定することができる。



本発表内容は、論文として発表しています。

Open accessなので、どなたでも自由に内容を読む事ができます。



Efficient sampling of shiitake-inoculated oak logs to determine the log-to-mushroom transfer factor of stable cesium

Martin O'Brien¹, Masakazu Hiraide², Yoshimi Ohmae¹, Naoto Nihei¹, Satoru Miura² and Keitaro Tanoi¹

¹ Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

² Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki, Japan

Thank you for your attention!

Transfer factors of ^{137}Cs in mushrooms were 2.4 times higher than for ^{133}Cs , and were significantly correlated ($r = 0.95$)

Study site: **Pine forest**

Location: **Aomori-ken**

Year: **1992**

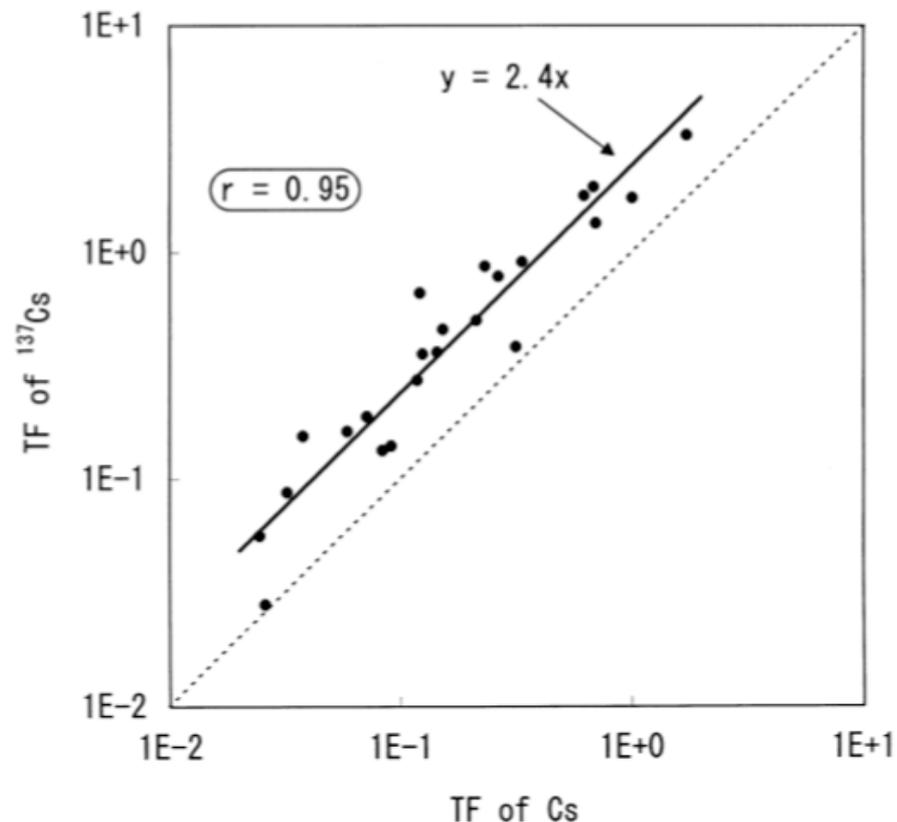
Mushroom: **Mycorrhizal**

No. of samples: **23**

Mean ^{137}Cs TF: **9.3** (based on DW) / **0.72** (based on FW)

Mean ^{133}Cs TF: **3.8** (based on DW) / **0.3** (based on FW)

TFs of ^{133}Cs and ^{137}Cs in mushrooms



Other research

- Soils with high concentrations of Cs-133 will disturb the uptake of radiocesium (**Oolbekken & Kuyper, 1989**)
- The TF for Cs-133 is higher than Cs-137 in sawdust-cultivated shiitake (**Muranoi *et al.*, 2018**)
- The TF of radiocesium is normally higher than Cs-133 in plants (**Yoshida & Muramatsu, 1998**) and mycorrhizal fungi (**Tsukada *et al.*, 1998**)