

放射性セシウムのキノコへの濃縮

大貫敏彦

日本原子力研究開発機構、
原子力科学研究部門、先端基礎研究センター
上級研究主席
バイオアクチノイド化学研究グループリーダー

謝辞

本研究は以下の方々の協力により行っています。

ゆうきの里 東和
(株)富士種菌
(株)無臭元工業
(株)TIC



一部のきのこが放射性セシウムを高濃度に濃集する。



2015年1月18日 (日)

[ホーム](#)
[ニュース](#)
[オピニオン](#)
[スポーツ](#)
[エンタメ](#)
[文化](#)
[暮らし](#)
[教育](#)
[特集・連載](#)
[地域](#)
[E](#)

8+1 1

おすすめ 249

[記事を印刷](#)
[文字サイズ](#)
[小](#)
[中](#)
[大](#)

放射性セシウム:野生キノコから基準超 山梨3市町村

毎日新聞 2014年11月15日 17時53分

山梨県は14日、富士吉田市、富士河口湖町、鳴沢村で採取した野生キノコから、国の基準（1キロあたり100ベクレル）を上回る放射性セシウムを検出したと発表した。3市町村の野生キノコは2012年秋に国の基準を上回る放射性セシウムを検出して以来、出荷制限が続いている。

県林業振興課によると、3市町村で採取した20検体を12、13の両日に調べた。その結果、富士吉田市のアカモミタケ同970ベクレル、鳴沢村のチャナメツムタケ同210ベクレルなど8検体で国の基準を上回るセシウムを検出した。同課は採取などの自粛呼びかけを継続としている。【歴代尚則】

濃集している様子は分からないの？
 どうして濃集するの？
 濃集は防げないの？
 濃集機能を何かに使えないの？

飯舘村 2013年9月



普通の写真



放射性Csは含まれているか

オートラジグラフィー写真
(レントゲンと同じ原理により撮影)

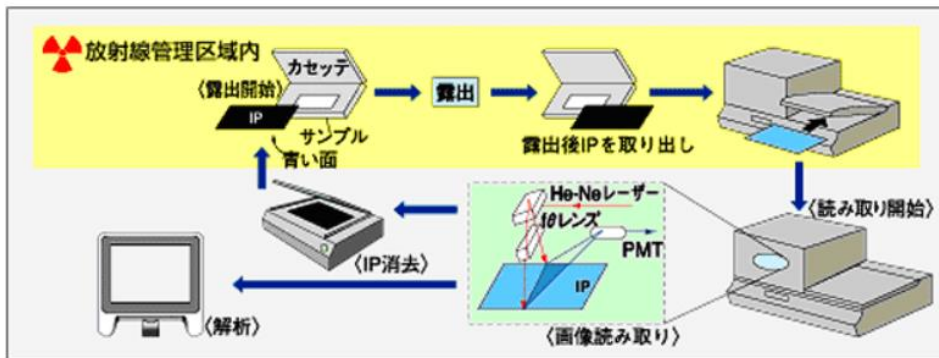
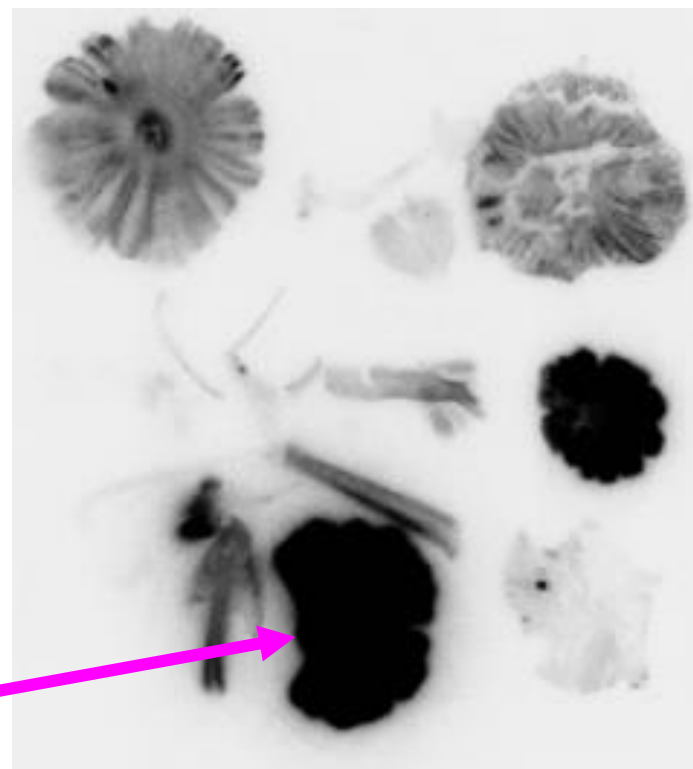


図1 露光(露出)から画像解析およびIP消去までの流れ
[資料提供] 小林 勝利 氏



放射性Csが濃集している部分は黒くなる。
黒いほどたくさんの放射性Csが含まれている。

放射性セシウム濃度
3200 ~ 1200000 Bq/kg

放射性Csの可視化に用いた植物



杉



カヤ



広葉樹



梅

植物中の放射性Cs

事故後2ヶ月に採取したカヤの写真とオートラジオグラフィイメージ

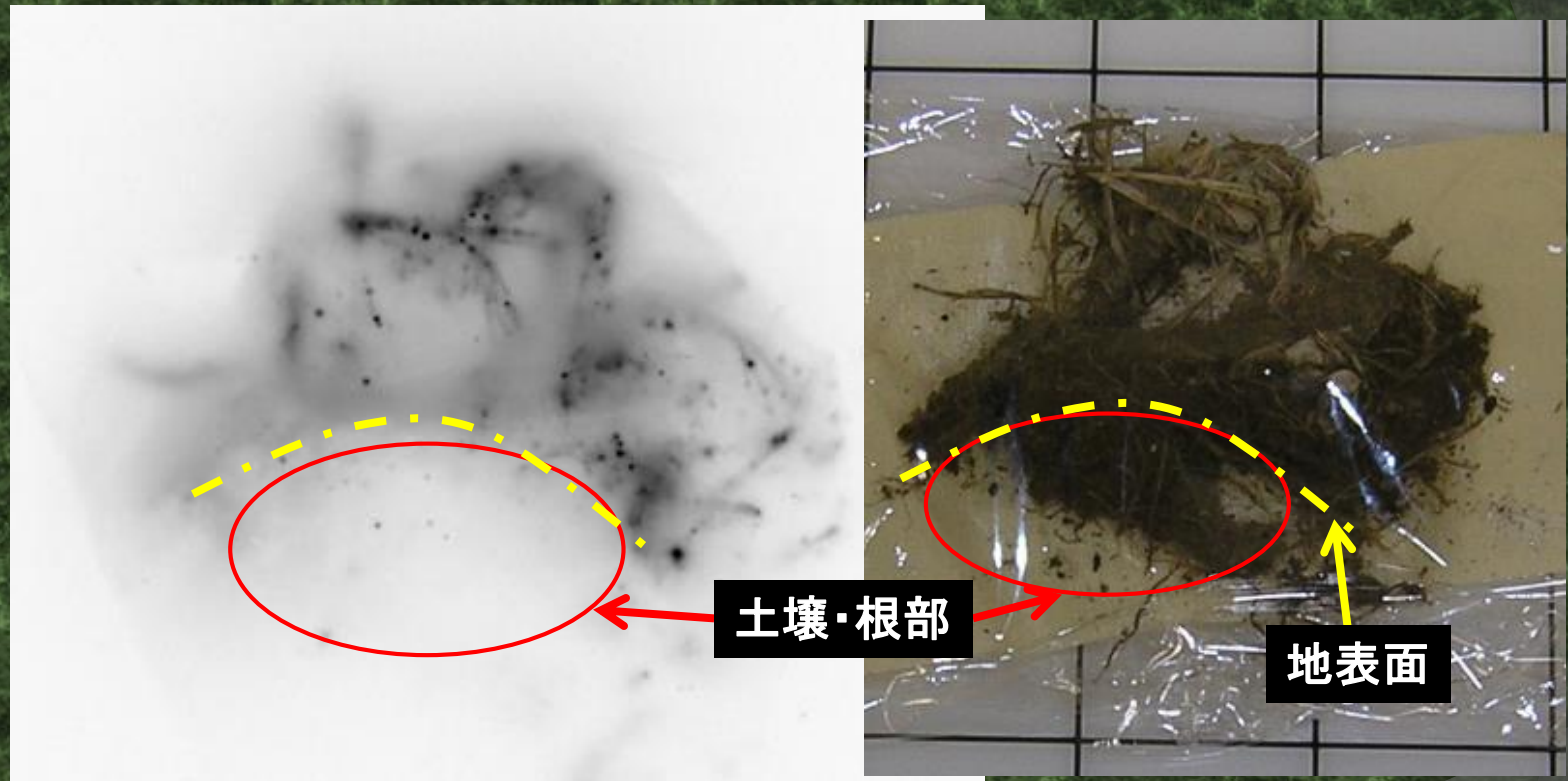


濃い緑の葉の部分では黒点の密度が高く、淡い緑の部分では希薄

↓
葉や幹に沈着した放射性Csの若葉への転流は小さい

牧草地の分析結果

事故後2ヶ月に採取した牧草の写真とオートラジオグラフィイメージ



放射性Csは表層より上の牧草部分で検出、土壌・根部では検出されない

↓
牧草に沈着した放射性Csは土壌・根部には浸透しない

福島・栃木の2町村、野生のキノコ出荷停止 政府が両県に指示

2012/8/15 19:15 | 日本経済新聞 電子版 | 110文字

小 中 大 保存 印刷

政府は15日、国の基準値(1キログラム当たり100ベクレル)を超える放射性セシウムを検出したとして、福島県昭和村と栃木県那須町で採れる野生のキノコの出荷停止を両県に指示した。厚生労働省によると、市場には流通していない。

野生キノコから最高値のセシウム

2012/8/6 22:01 | 日本経済新聞 電子版 | 232文字

小 中 大 保存 印刷

栃木県は6日、日光市で採取した野生チチタケから国の基準値(1キログラム当たり100ベクレル)を大幅に超える3万1千ベクレルの放射性セシウムを検出したと発表した。同市の野生キノコは既に出荷制限されており、県は採取して食べないように呼び掛ける。

厚生労働省によると、野生キノコでは昨年9月に福島県棚倉町のチチタケで検出した2万8千ベクレルを上回り最高値となる。栃木県は「土壌からの吸収が大きいと思うが、周囲の樹木に残る放射性物質の影響も考えられる」としている。〔共同〕

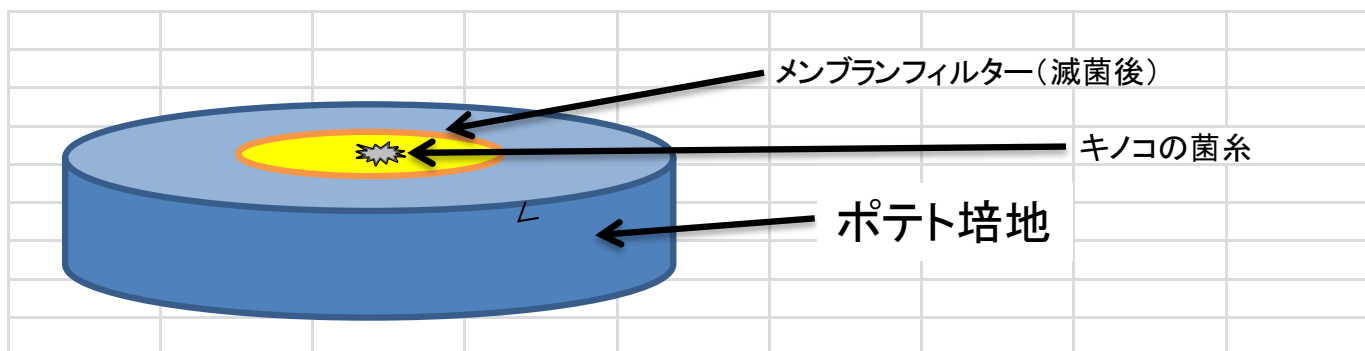
担子菌類はCsを濃集する → 除染法として適用？

これまでの研究結果

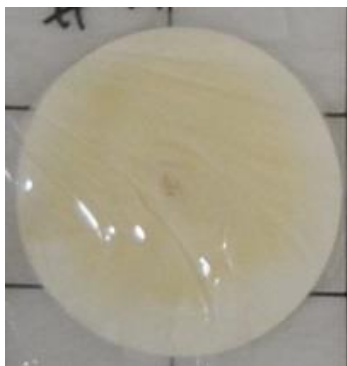
- チェルノブイリ事故起源の放射性Csがキノコに濃集
(Battistonら, 1989; Bemら, 1990; Kammererら, 1994)
- キノコ中にチェルノブイリ事故起源の放射性Csが濃集
(杉山ら, 1993; Ban-naiら, 1997)
- Cs-137濃度は野生種のキノコ中が人工栽培されたものより高い
(杉山ら, 1990; Ban-naiら, 1997)
- 基質中Cs-137濃度が比較的一様であってもキノコ中Cs-137濃度は種類によって数桁の濃度範囲にあり、キノコ中Cs-137濃度はキノコの種類に依存する
(Kammererら, 1994; Tsukadaら, 1998; Yoshidaら, 1994)
- 基質からの移行係数 15 (Ecklら, 1986)、9.3 (Tsukadaら, 1998)
- 基質の種類により異なる >10 (木質)、5.5 (リター)、13 (表層0-5 cm土壌)、11 (>5 cm土壌) (Yoshidaら, 1994)

担子菌類へのCsの濃集機構は不明

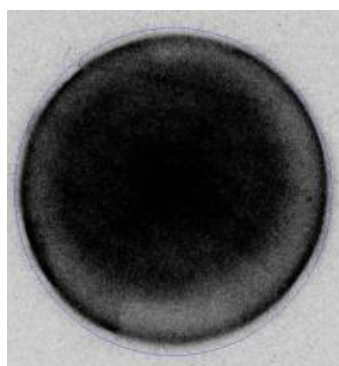
シャーレに養分と放射性セシウムを入れて寒天で固めた培地
寒天の上にフィルターをセット



フィルターを回収してオートラジオグラフィーで放射性セシウムを検出



薄い黄色部分が
菌糸が育ったところ



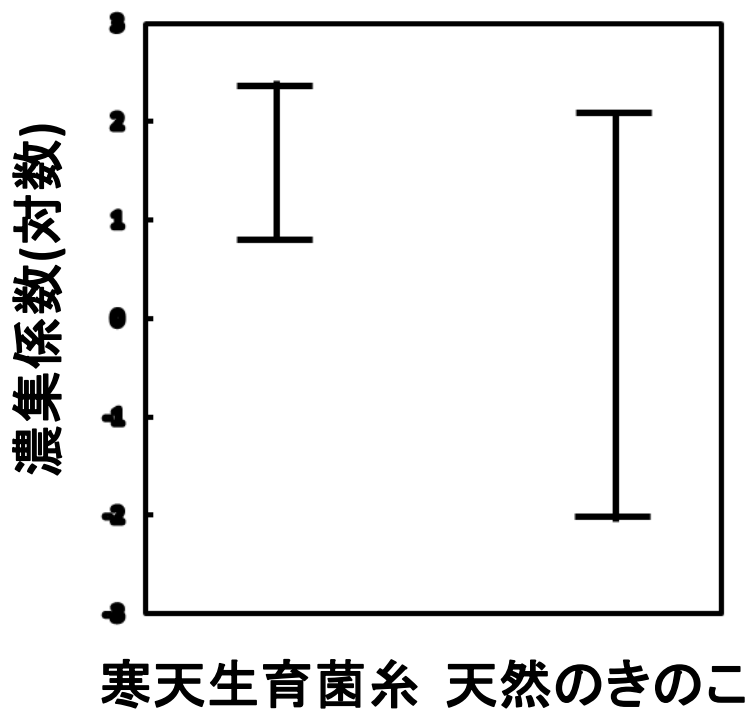
黒い部分に放射性
セシウムが存在する

様々な菌種の成育中における ^{137}Cs の濃集

ID	培養日数	菌糸乾燥重量(g)	Bq	Bq/g	備考
14210	38	3.3×10^{-2}	6.9×10^2	2.1×10^4	クリタケ
11906	29	1.2×10^{-2}	1.5×10^2	1.3×10^4	モリノカレバタケ属
11097	50	2.9×10^{-2}	2.7×10^2	9.3×10^3	ミヤマシロアマタケ
12559	14	4.5×10^{-2}	3.9×10^2	8.8×10^3	ニセモリノカサ
13114	14	2.8×10^{-2}	2.3×10^2	8.2×10^3	ワカウソタケ属
未2	15	3.7×10^{-2}	2.8×10^2	7.5×10^3	ウサギタケ
未4	7	3.5×10^{-2}	2.5×10^2	7.3×10^3	カミコウヤクタケ
未45	12	2.8×10^{-2}	2.0×10^2	7.1×10^3	スギタケ属
14133	7	3.3×10^{-2}	2.0×10^2	6.1×10^3	ホウライタケ属
1290	4	4.4×10^{-2}	2.5×10^2	5.8×10^3	アオカビ
11952	7	3.2×10^{-2}	1.7×10^2	5.6×10^3	ヌメリツバタケ
1258	16	4.4×10^{-2}	2.4×10^2	5.4×10^3	ムササビタケ
4848	17	3.7×10^{-2}	1.8×10^2	4.9×10^3	ハラタケ属(シロモリノカサ)
664	17	5.8×10^{-2}	2.7×10^2	4.8×10^3	コウジカビ
14242	9	4.1×10^{-2}	2.0×10^2	4.8×10^3	シロナメツムタケ
1017	77	5.4×10^{-2}	2.5×10^2	4.8×10^3	ハラタケ属
未59	15	4.7×10^{-2}	2.2×10^2	4.7×10^3	発光ワサビタケ
12944	26	6.0×10^{-2}	2.5×10^2	4.1×10^3	キララタケ
8991	9	3.1×10^{-2}	1.1×10^2	3.7×10^3	プルプレオシリウム属
9803	14	9.1×10^{-2}	3.2×10^2	3.6×10^3	クラドスポリウム
11624	75	7.1×10^{-2}	2.5×10^2	3.6×10^3	アカツブタケ属
3515	17	8.5×10^{-2}	2.8×10^2	3.3×10^3	クラドスポリウム
12561	49	5.8×10^{-2}	1.9×10^2	3.2×10^3	ニセモリノカサ
14415	29	5.2×10^{-2}	1.6×10^2	3.1×10^3	クヌギタケ属

放射性Csの濃集係数の比較

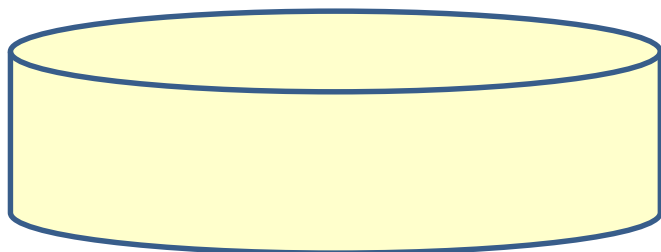
福島で採取したきのこの濃集係数と寒天培地で
生育した菌糸の濃集係数



天然中のきのこが寒天培地よりも小さな濃集係数を示す。

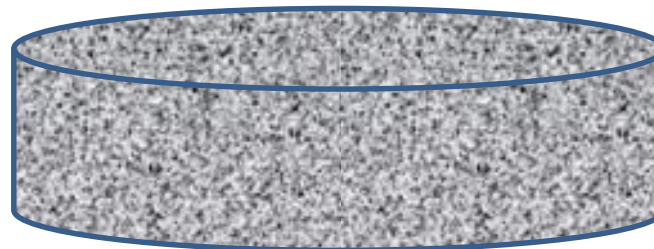
寒天培地と土壌の違い

寒天培地は寒天以外は水
+ 養分 + 放射性セシウム



放射性セシウム
10倍から100倍濃集

土壌はその中に、鉱物や有機物を含む
+ 水 + 放射性セシウム

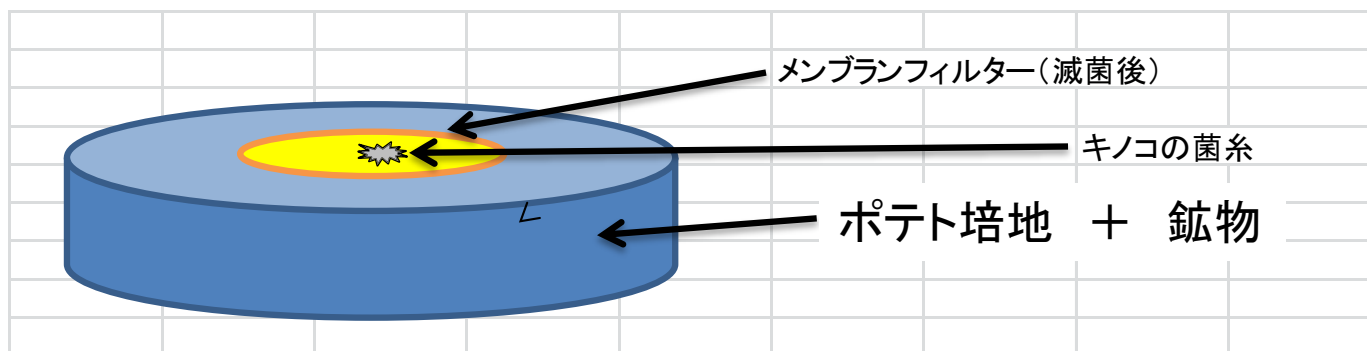


放射性セシウム
0.1倍低下から100倍濃集

きのこへの移行を阻害する物質が存在する

目を付けた物質は鉍物

寒天培地に鉍物を混ぜてみた

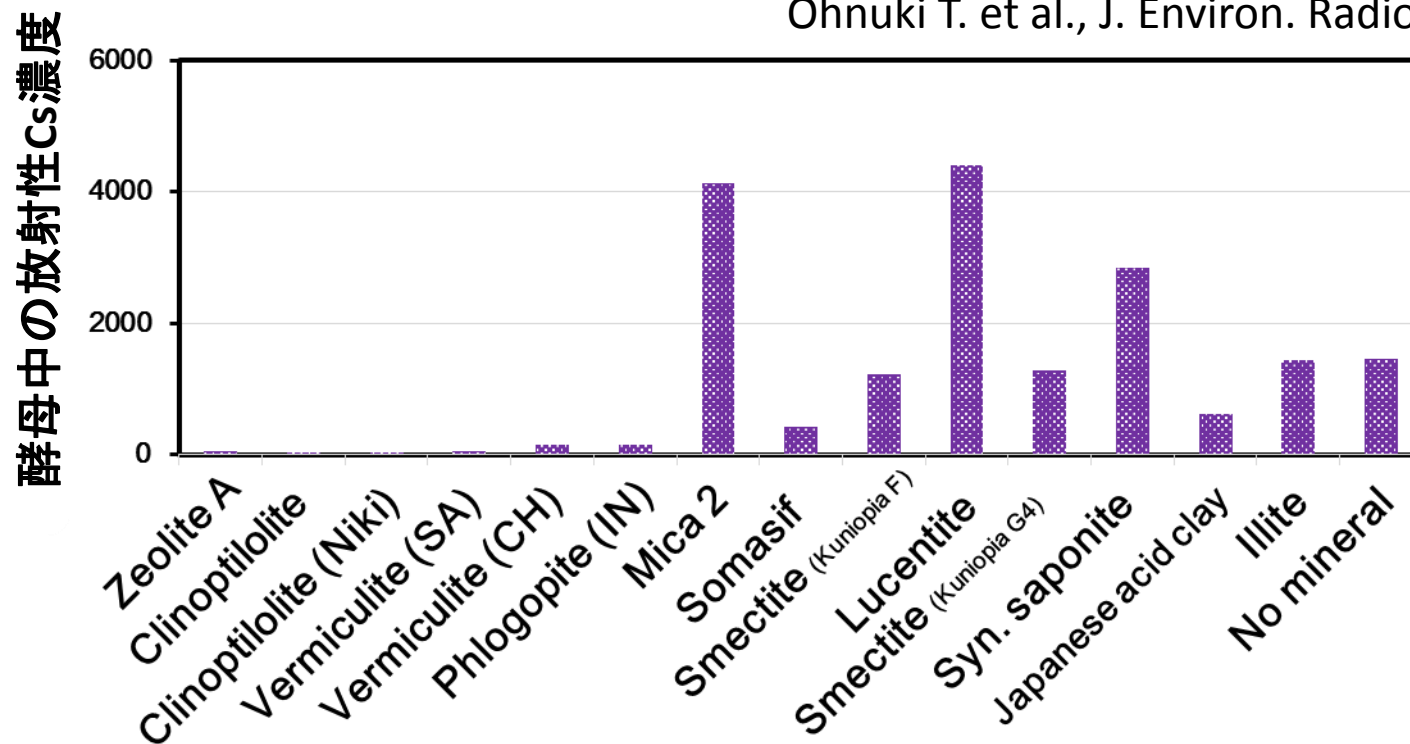


使った鉍物：ゼオライト(3種類)、バーミキュライト (2種類)
雲母、イライト、ベントナイト

菌糸中の放射性セシウム濃度を測定した。

鉱物を添加した培地で培養した酵母中の放射性セシウム濃度

Ohnuki T. et al., J. Environ. Radioact., (2015)



鉱物を添加すると放射性セシウム濃度は減少する
鉱物種により減少量は異なる。

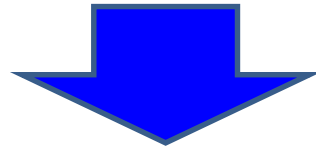
阻害の順序は;

ゼオライト、バーミキュライト > 雲母、イライト、ベントナイト。

二つのことが分かった

一つ目は

きのこはきのこだけでなく菌糸中に
放射性セシウムを集めることができる

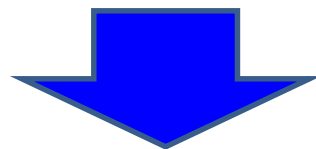


菌糸を使って森林土壌から放射性セシウムを
回収できるのでは

二つのことが分かった

二つ目は

鉍物を阻害剤に使ってきのこ中の
放射性セシウム濃度を減らせる

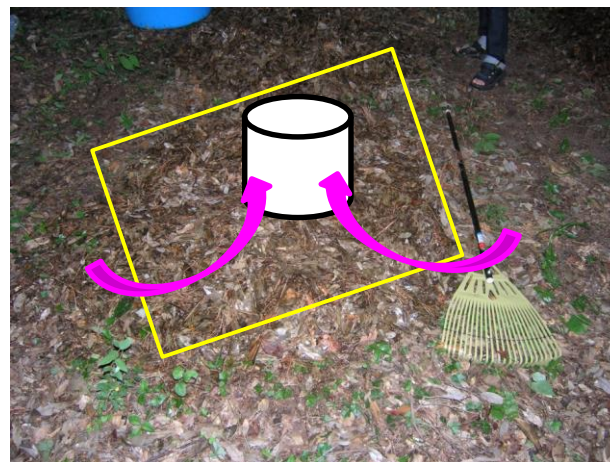


きのこへの移行抑制剤の開発

菌床を設置してセシウムを回収



きのこの菌糸を育成した
菌床



菌床中の菌糸が
放射性セシウムを集める

福島県、二本松市で実施している試験



予備試験結果

菌床下土壤中濃度 $18000\text{Bq}/\text{m}^2$ 廃菌床中濃度 $4800\text{Bq}/\text{m}^2$

回収率 最大で 20% (植物による回収の数十から百倍)

きのこへの放射性Cs移行抑制剤 の開発



菌床栽培用
移行抑制材 (Ver.1) の作成



Racoine(1%)添加菌床培地



子実体中濃度が無添加培地
に比べて1/9に減少

鉱物を添加したオガ粉培地の作成



複数種の鉱物を混合した試料

生育したきのこを食べていない。
 次回の試験でできたきのこを食べたい。
 (・・・天然の松茸も食べたい)

移行率(きのこ中濃度／菌床中濃度)

A (重量比1%)	0.027
B (重量比1%)	0.019
C (重量比1%)	0.024
D (重量比1%)	0.036
無添加	0.18

無添加に比べて1／10に減少する。
 単純計算で、2000Bq/kgのおが粉を使用できる。

菌床栽培用移行抑制材 (Ver.1)の作成



次なる課題:原木栽培への応用

各国の基準

ベラルーシ 乾燥きのこ(2500Bq/kg)、生キノコ
(370Bq/kg)、牛肉 (500Bq/kg)

EU 子供向けの食品(400Bq/kg)、乳製品や液
状食以外(1250Bq/kg)

スウェーデン きのこ(1500Bq/kg)、一般食品(
300Bq/kg)

キノコ狩りの好きな人、野生のベリーが好きな人、湖沼で釣った
魚を食べたい釣り愛好家は、そのリスクを自分で判断しながら
、国の規定を超えて摂取してもよい、と説明している。

原木栽培用移行抑制材の開発

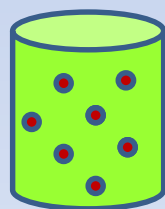
二つの方法を検討

○ 鉍物添加種菌による移行抑制

- ・種菌(オガ種菌)に鉍物を添加して移行抑制

○ 鉍物の流動化処理による原木内への導入

- ・鉍物種のナノ化及び有機官能基付加による流動性向上



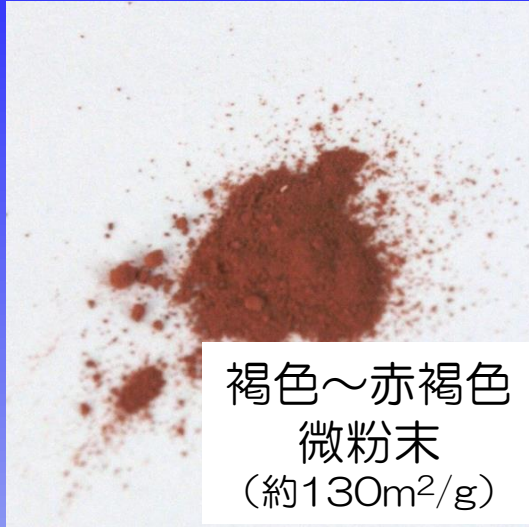
鉍物
バーミキュライト
ゼオライト

添加量	放射性Cs 相対濃度
0%	100%
10%	60%
10%	40%

(株)富士種菌との協力

ナノ化処理による焼却灰の減容処理

下水汚泥を濃縮脱水した後に
800～850℃で焼却したあと
に残った灰



¹³⁷Cs

いわき市小名浜 中部浄化センター

23k Bq/kg いわき'11

6.5k Bq/kg いわき'12

ひたちなか市長砂 那珂久慈浄化センター

2.8k Bq/kg 那珂久慈'12

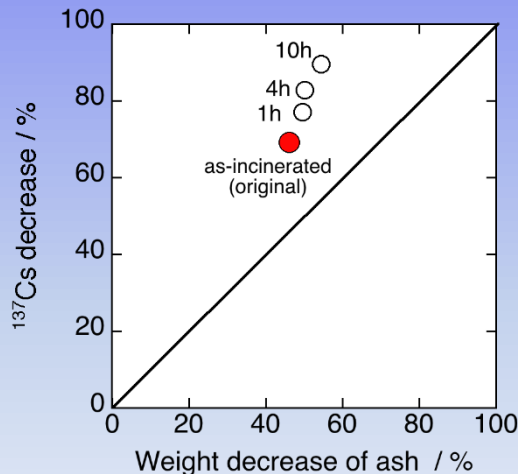
我孫子市 手賀沼終末処理場

9.6k Bq/kg 手賀沼'11

6.8k Bq/kg 手賀沼'12

種々の酸による溶解試験と元素分析

放射性Csは下水焼却灰中の
鉄含有粒子中に存在する。



焼却灰粉碎による塩酸による
Cs除去率の向上が得られた。



粉碎処理による
比表面積の増大

残渣物中の放射性Csは安定
(溶出はほとんど0)

下水焼却灰からCs回収処理法

汚泥

ナノ粒子化

酸処理

残渣A
Si、Al

8000
Bq/kg以下の廃棄物

溶液
Cs, Fe, Ca, P

中性化

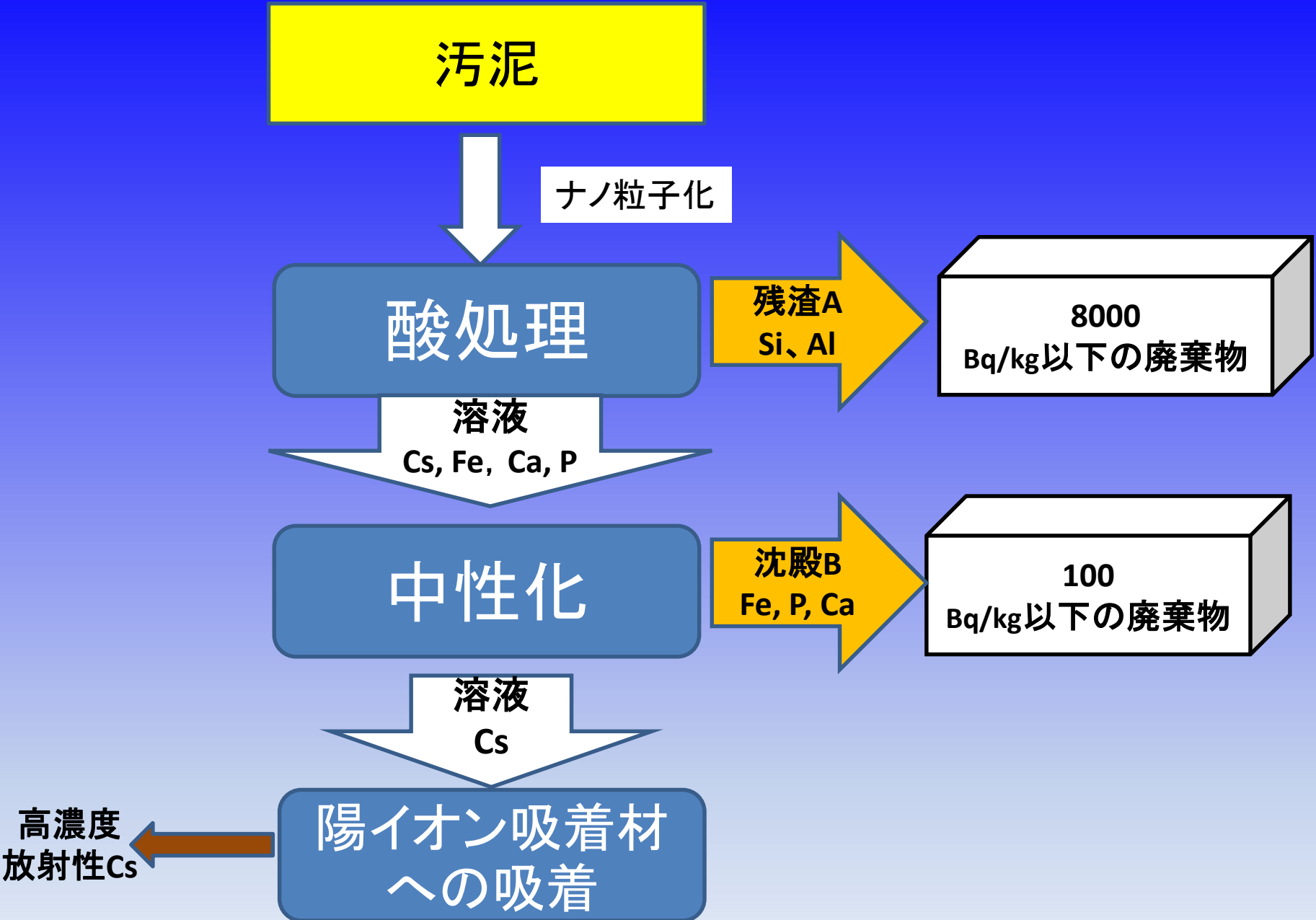
沈殿B
Fe, P, Ca

100
Bq/kg以下の廃棄物

溶液
Cs

陽イオン吸着材
への吸着

高濃度
放射性Cs



★廃菌床を用いる回収試験

福島現地において広範囲の試験を行いたい。

★きのこへの移行抑制剤の開発

原木に使える抑制剤の開発と現在の製品の高度化を目指す。