

配布用なので、表示するスライドのすべてではありません

果樹におけるセシウムの挙動について



農学生命科学研究科 附属生態調和農学機構 高田大輔

大学院S1A1「農業環境における放射線影響・ゼミナル」

学部S1A1「農業環境の放射線影響」

2015年9月28日

目次

一般
知識

福島県の果樹・果樹の一般的な知識

現状
把握

園地や樹体の汚染状況

試験
調査

汚染経路

試験
調査

果実濃度の予測・安全性の担保

級 玉数

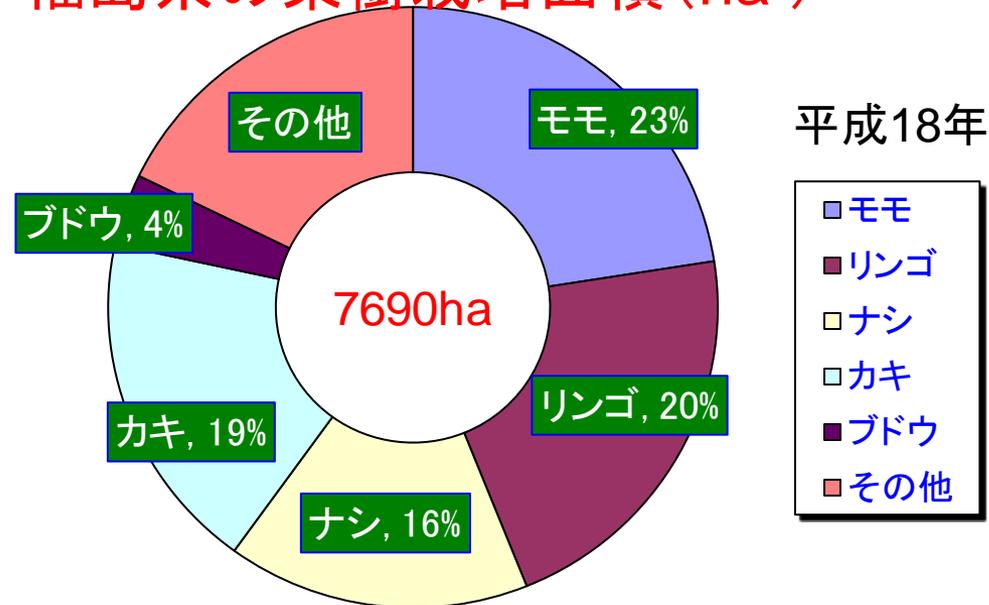
14

品種

福島県の果樹栽培

落葉果樹の主要生産県の1つ

福島県の果樹栽培面積(ha)



果樹の県別順位(収穫量:平成22年)

モモ 2位

リンゴ 6位

ニホンナシ 3位

カキ 4位

オウトウ 6位

ブドウ 12位

果樹の一般的な知識

ライフサイクル

事故時の状況

一年生作物との違い

部位の簡単な説明

ライフサイクル

一生でみる

幼木期



特徴：
未結実で
栄養成長が
盛ん

成木期



特徴：
収穫量、
樹の生育、
品質が安
定

若木期



特徴：
結実するが
品質にムラ

老木期



特徴：
栄養成長も
生育成長も
劣る

ライフサイクル

一年（一作物期）でみる

萌芽期

貯蔵養分蓄積期

果実発育期

休眠期



事故時の状態

2011年の福島県における発芽日

樹種	品種	発芽日
モモ	あかつき	3月28日
ナシ	幸水	4月8日
リンゴ	ふじ	3月31日
オウトウ	佐藤錦	3月31日

ウメ

開花後



モモ



ブドウ



萌芽前(花は新梢の中)

カキ



萌芽前(花は新梢の中)

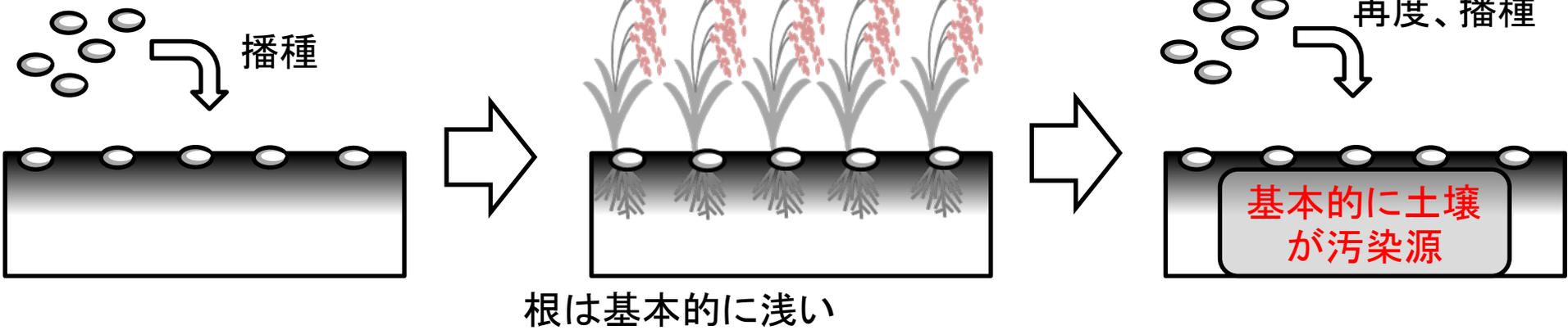
休眠期

原発事故が起き、フオールアウトが始まった時期は休眠期で、果実はもちろん花の葉もない時期

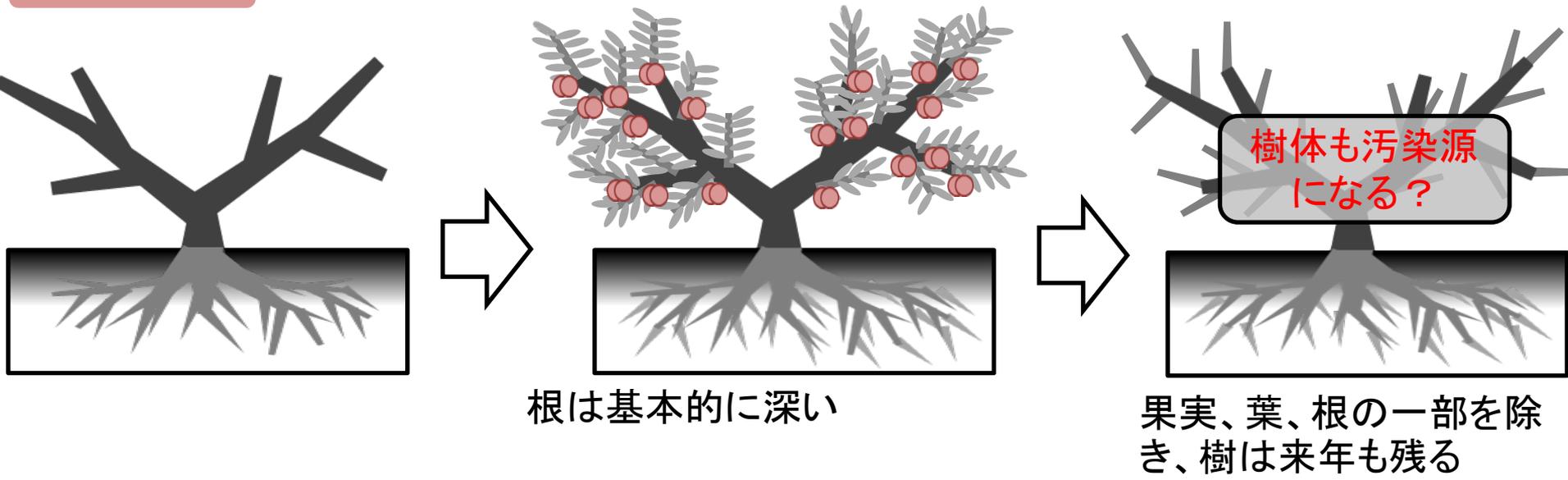


永年生作物と放射能試験

一年生作物



永年生作物



目次

福島県の果樹・果樹の一般的な知識

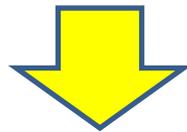
園地や樹体の汚染状況

汚染経路

果実濃度の予測・安全性の担保

樹園地のモニタリング調査

過去の知見では、
放射性Csは葉または土壌から
樹体内に移行しやすいとされている



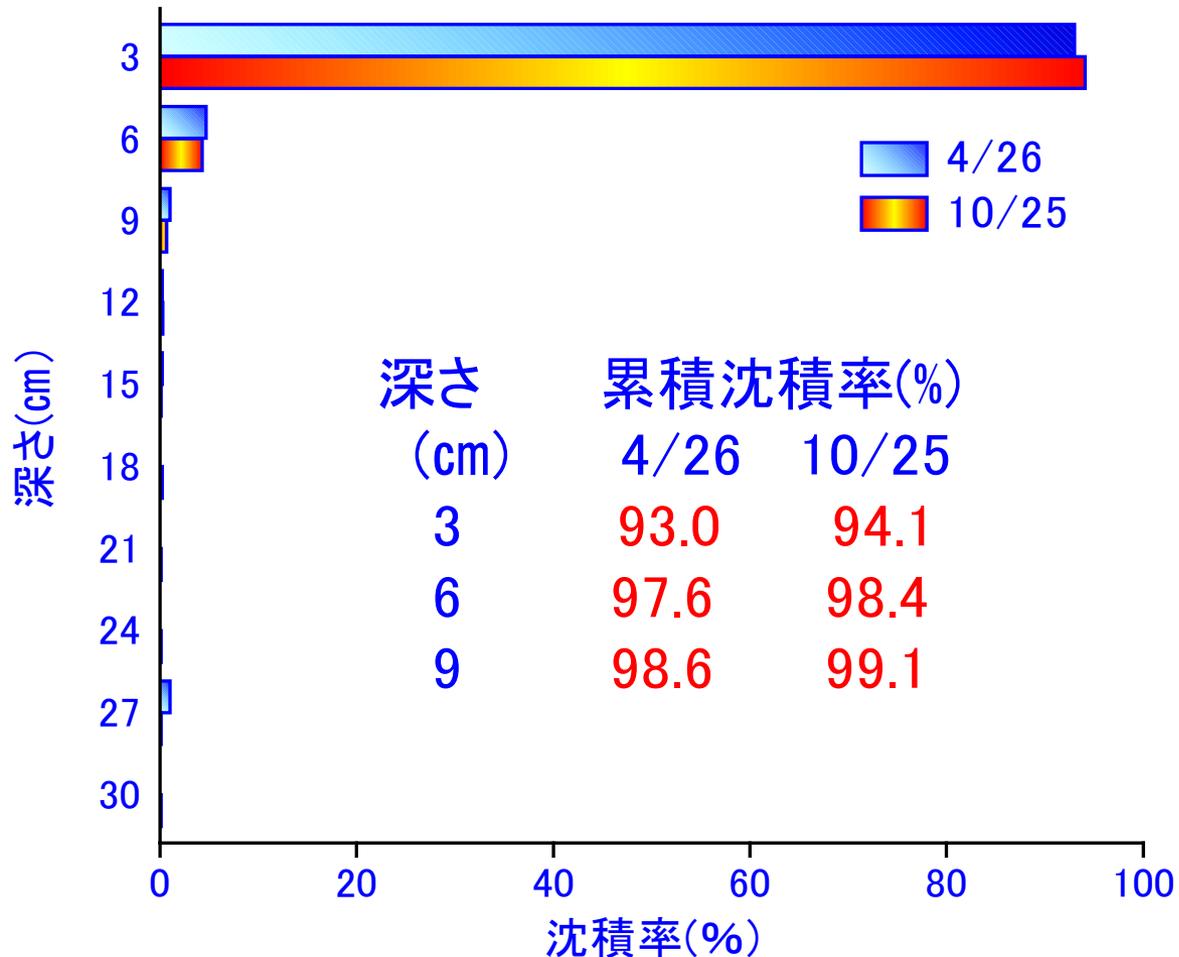
ウメを除く落葉果樹は葉・花が無い状態



当初は、土壌からの移行を警戒

樹園地のモニタリング調査

土壌中¹³⁷Cs濃度の垂直分布

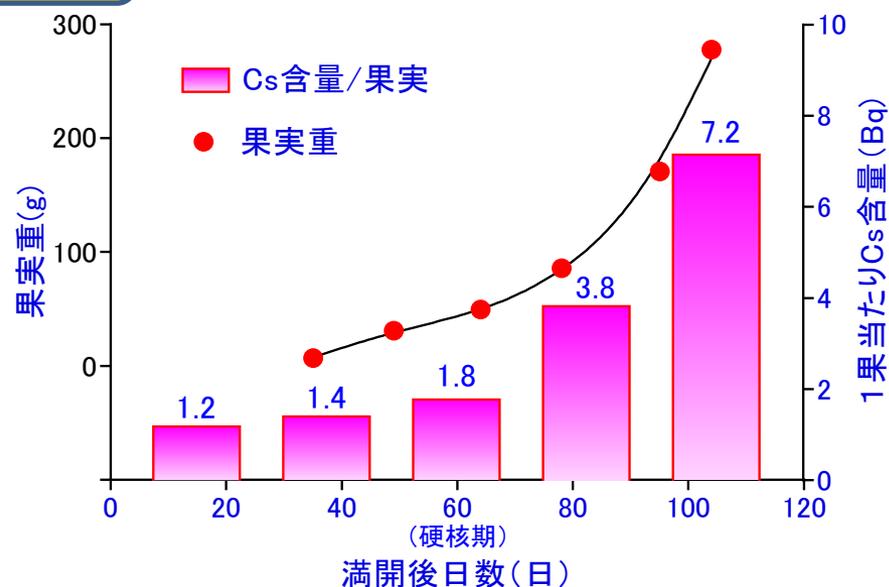
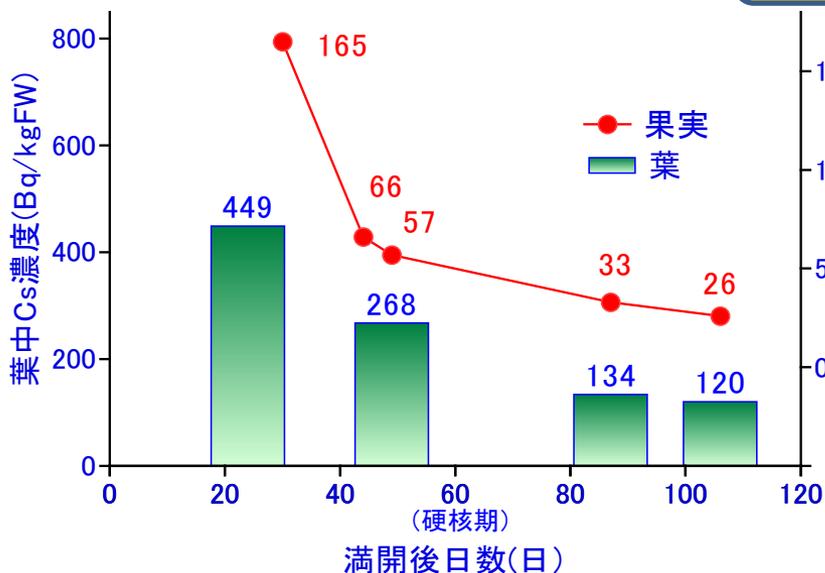


(「あかつき」ほ場・褐色森林土・埴壤土)

果実と葉の汚染状況

モモ果実と葉の放射性Cs濃度の変化

2011年

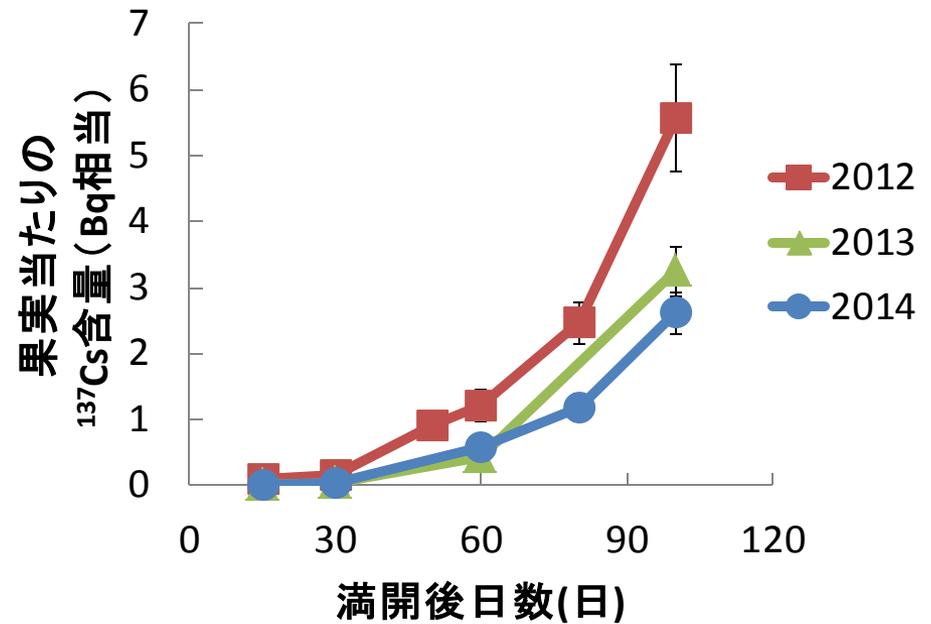
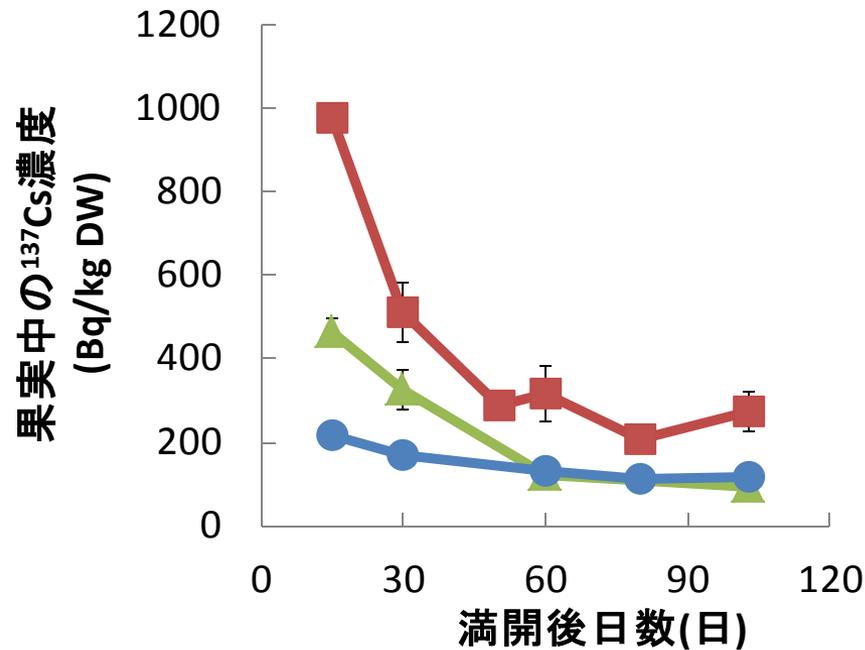


「あかつき」葉および果実中の放射性Cs濃度の推移

「あかつき」1果中の放射性Cs含量の推移

果実と葉の汚染状況

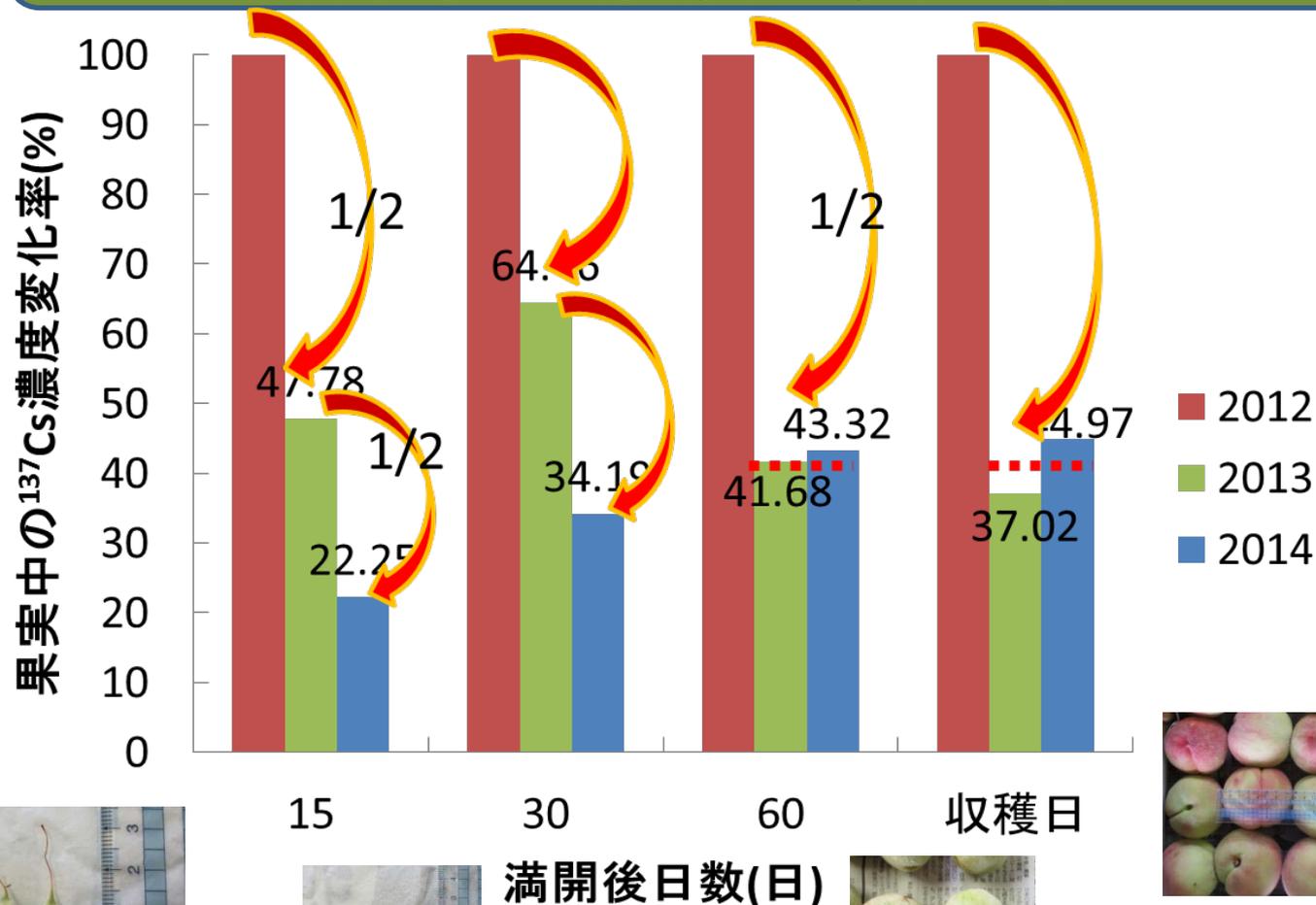
果実発育期間中の放射性Cs濃度の変化



Cs含量
[=濃度 (Bq/kg)/1000×果実重(g)]

果実と葉の汚染状況

果実発育期間中の放射性Cs濃度の変化率



樹体内における分配

モモの樹を解体する



目的

どこにどの程度の濃度と量の放射性Csが存在しているかを調べる



樹体内における分配

モモ樹体の¹³⁴⁺¹³⁷Cs濃度

洗浄後に測定

Bq/kgDW

果実

61.7

葉

67.0

新梢

24.0

旧枝

145.1

主幹

50.4

台木

検出限界値
以下

中大根

検出限界値
以下

細根

44.8

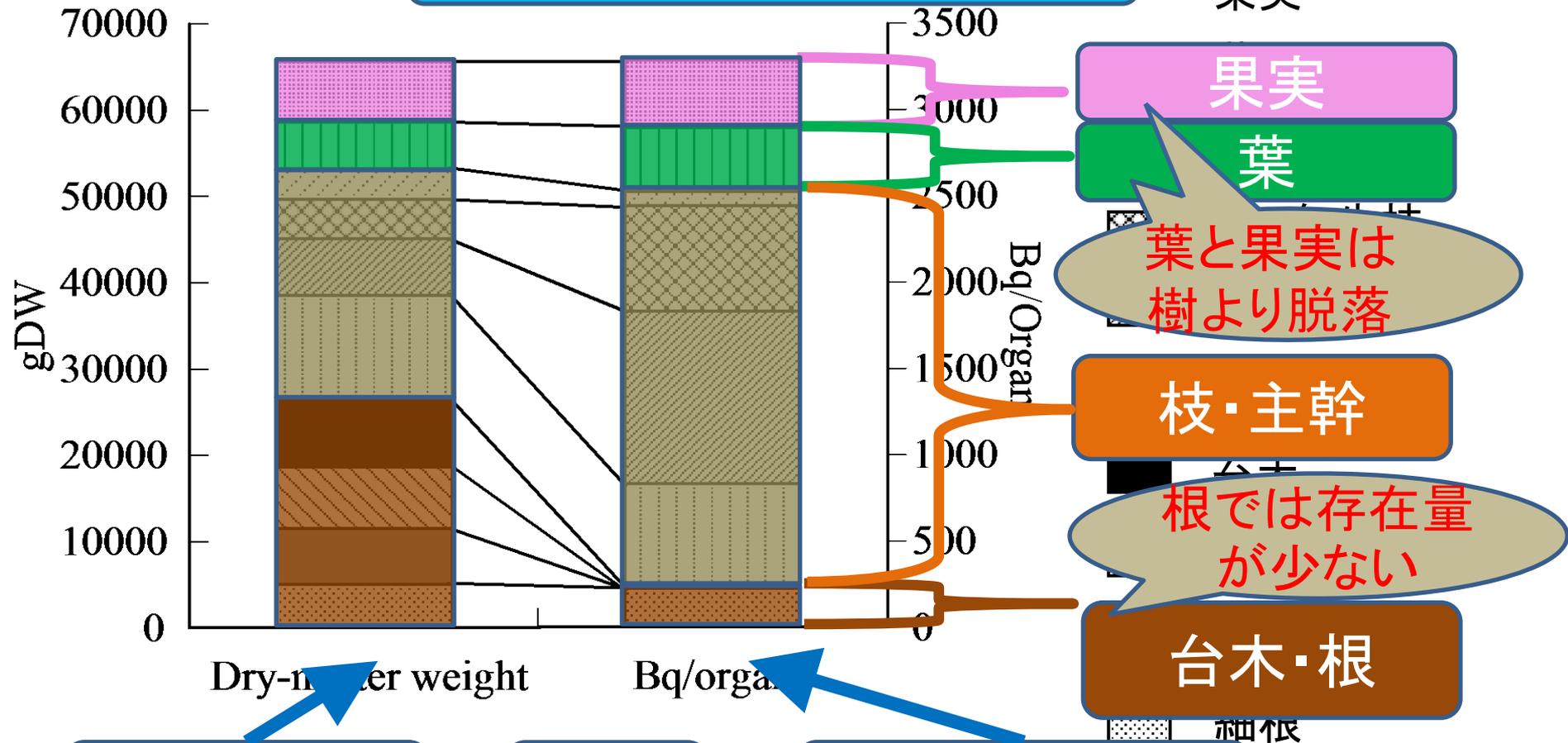
細根の一部は事故時には無い

事故時には無い器官

事故時にあった器官

樹体内における分配

モモ樹体重量とCs含量



樹体の重量

×

濃度

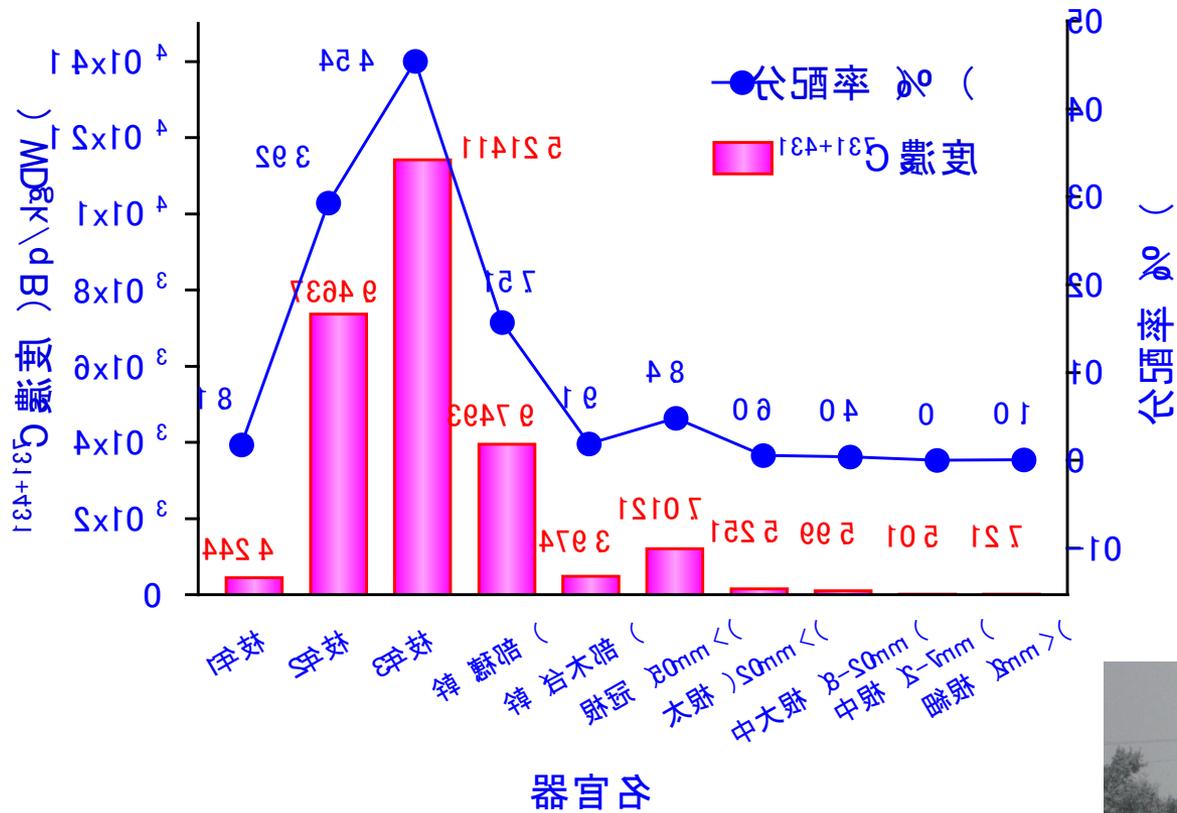
=

部位ごとの含量

先ほどの数値

*: 検出限界値以下

樹体の放射性Cs濃度



4年生モモ「ゆうぞら」



目次

福島県の果樹・果樹の一般的な知識

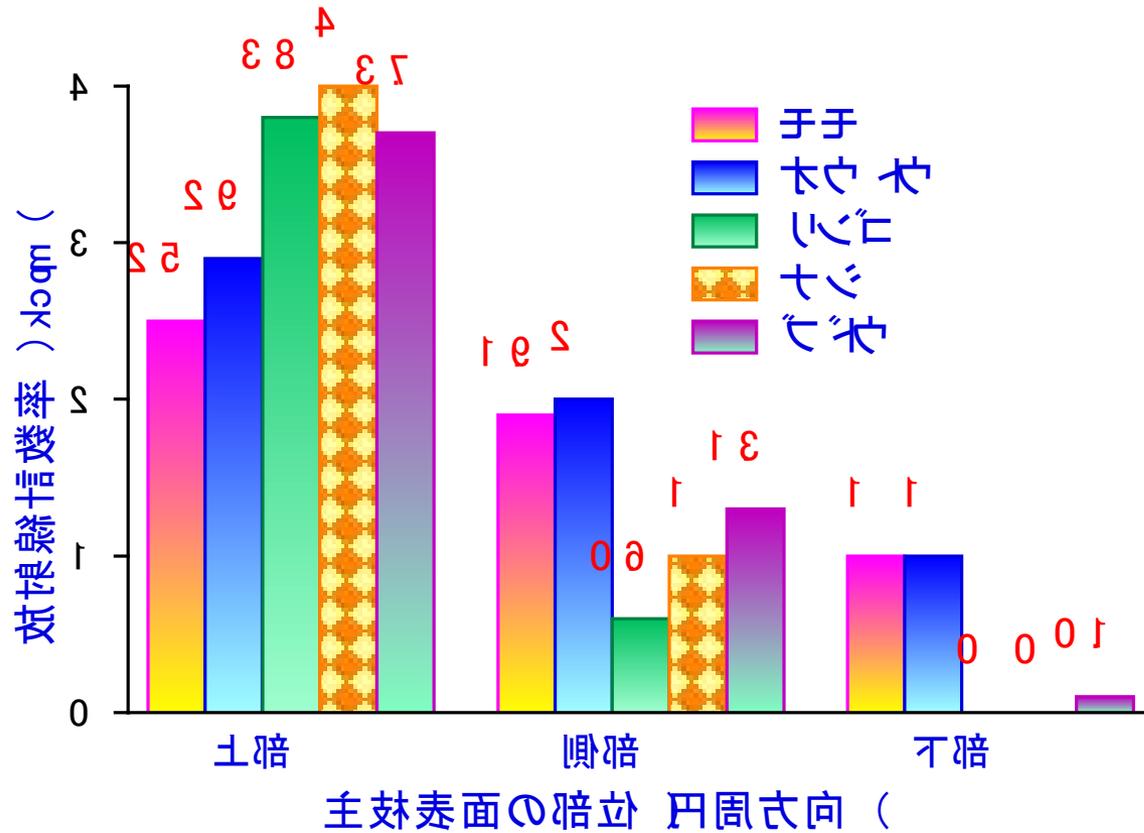
園地や樹体の汚染状況

汚染経路

果実濃度の予測・安全性の担保

樹体のモニタリング調査

樹体表面の放射線量

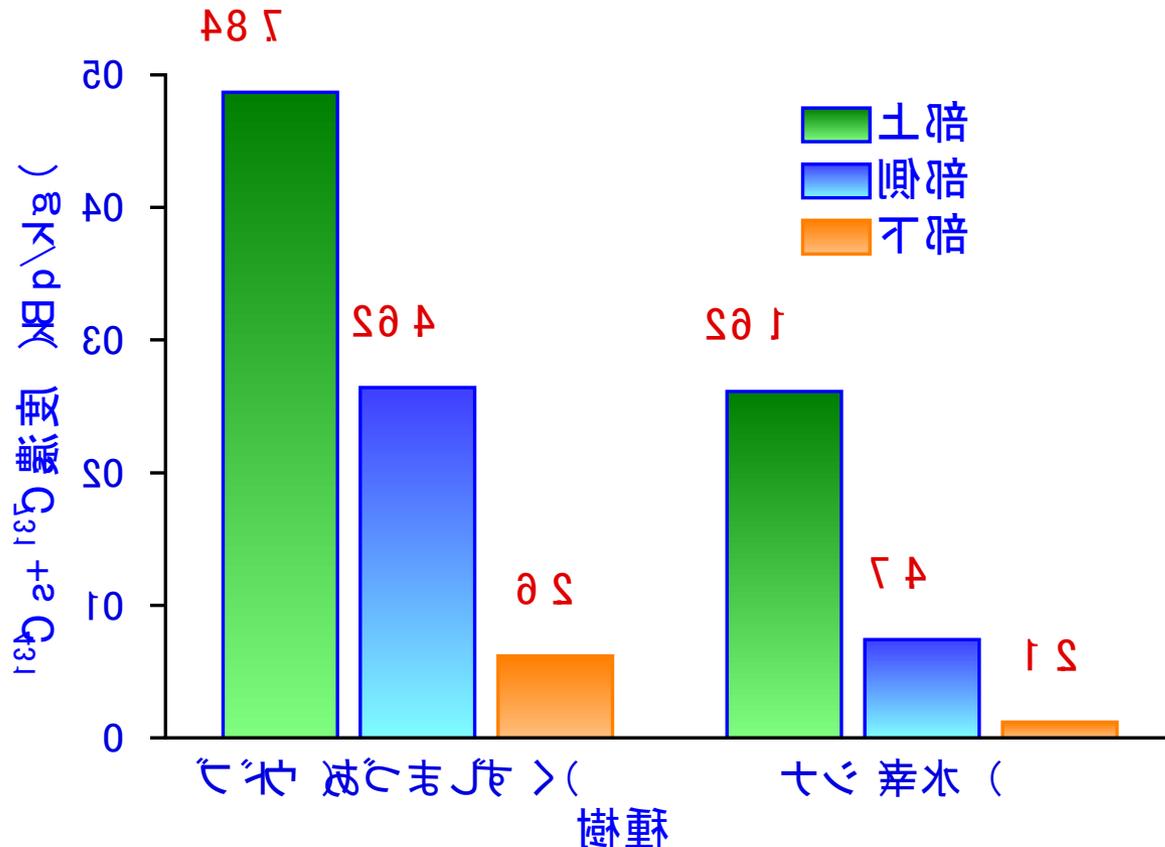


上部 > 側部 > 下部の順に放射線量は高い
天空側で地面側に比べ放射線量が高い

樹体の放射性Cs濃度

樹体表面の放射性Cs濃度

主枝から樹皮を剥いで、それを測定

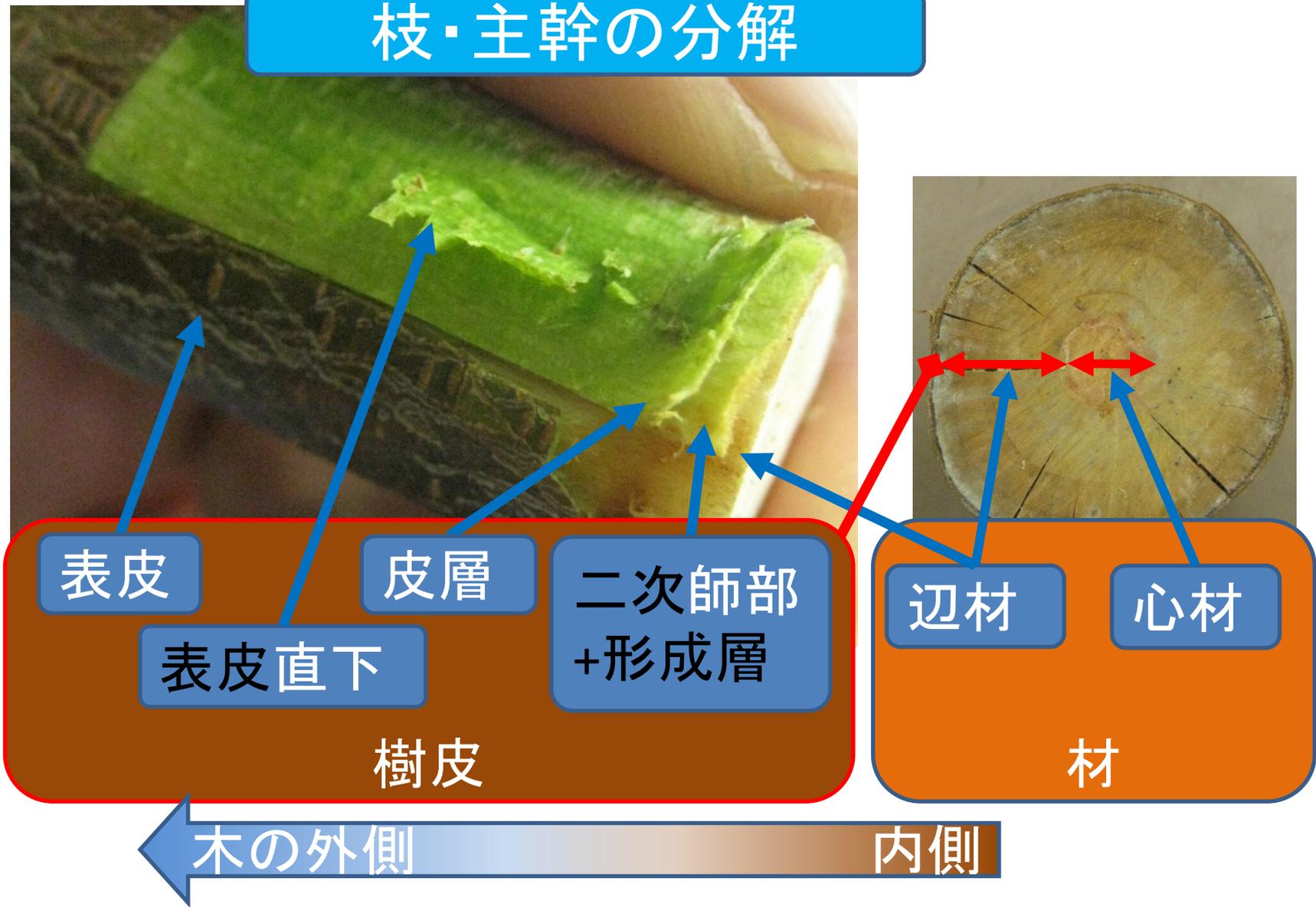


イメージ図

放射性Cs濃度は上部で高い

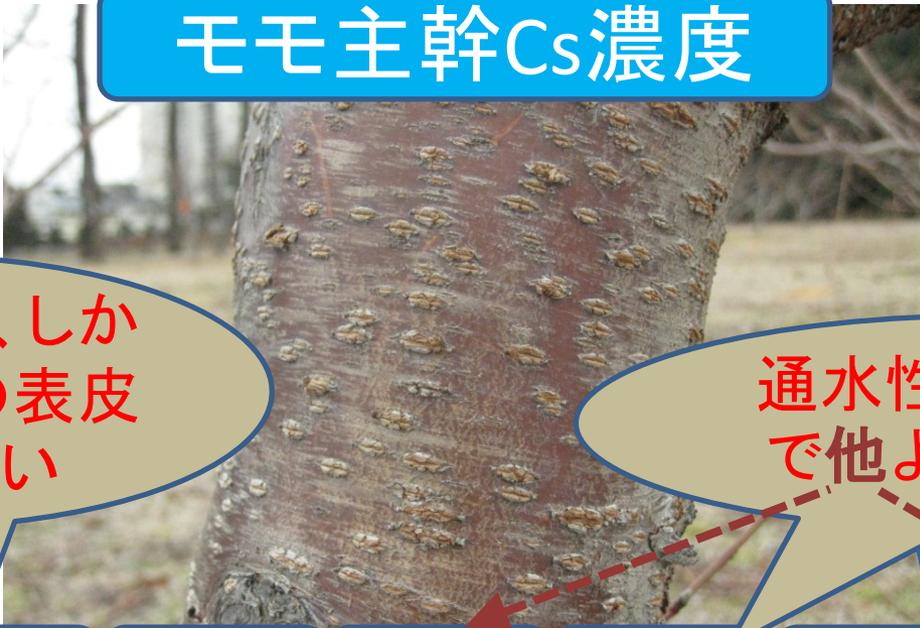
枝の放射性Cs濃度

枝・主幹の分解



枝の放射性Cs濃度

モモ主幹Cs濃度



樹皮で高い、しかもごく外層の表皮で特に高い

通水性のある組織で他よりやや高い

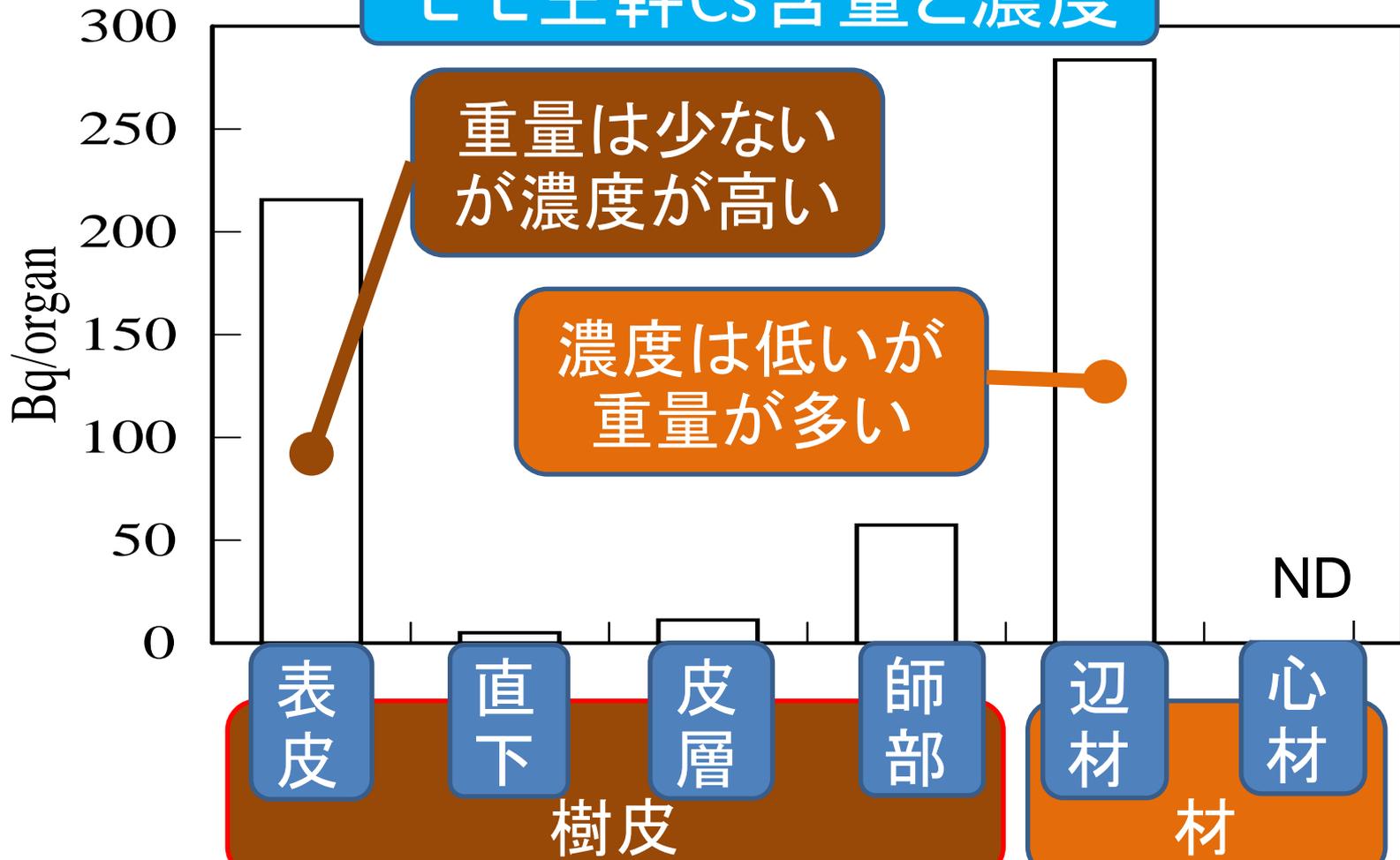
Bq/kgDW	536.0	11.2	15.9	48.3	39.1	ND*
	表皮	直下	皮層	師部	辺材	心材
	樹皮				材	

*: 検出限界値以下



枝の放射性Cs濃度

モモ主幹Cs含量と濃度



Bq/kgDW

536.0

11.2

15.9

48.3

39.1

ND*

*: 検出限界値以下

枝の放射性Cs濃度

放射能の可視化
モモ3年生枝の
イメージングプレート



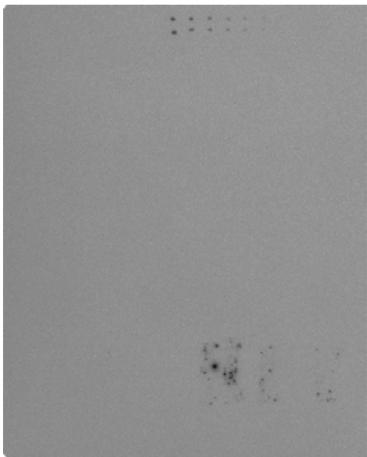
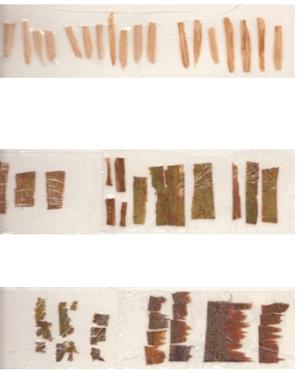
材 心材 (閉塞) 前年度 肥大部 本年度 肥大部



樹皮 二次師部 中 ← 皮層 → 外



表皮 (樹皮外層) 最外層直下 最外層



黒い部分は
 $\frac{200}{256}$ Bq以上の
検出部位を強調

枝の放射性Cs濃度

カキ樹に対する高圧洗浄処理



樹体内における分配

樹皮で高い濃度

量としてみると材でも多い

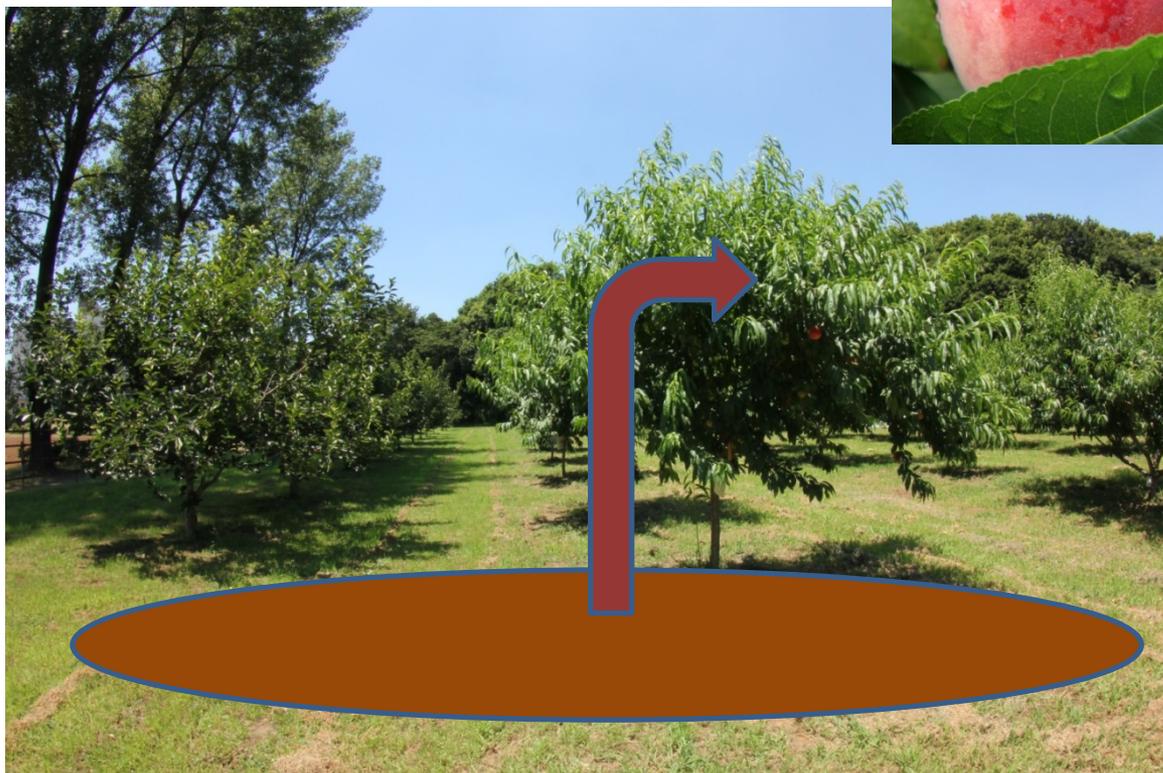
樹皮へのフォールアウトによる樹体内への侵入

↑
土壌からの樹体内への侵入と比べてどうか？

土壌からの移行

移行係数

果実濃度 (Bq/kgFW)
土壌濃度 (Bq/kgDW)



土壌からの移行

移行係数



2012年

植え替え試験

モモ

$3.6 \sim 5.4 \times 10^{-4}$

ブドウ

2.0×10^{-3}

過去の知見

最大値

最小値

1.3×10^{-2}

9.0×10^{-3}

8.0×10^{-3}

1.0×10^{-3}

野菜・イネと比べると総じてみれば低いですが、
事故翌年以降も確実に移行する

土壌からの移行

土壌を被覆することで、
土壌へのフォールアウトを防いでみる

事故前に土壌を被覆

被覆しないまま



収穫時の
Bq/kgDW

30.1

果実

31.4

26.9

土

163.1



事故年では、土壌から果実への
移行はわずか

果樹の根の深さ

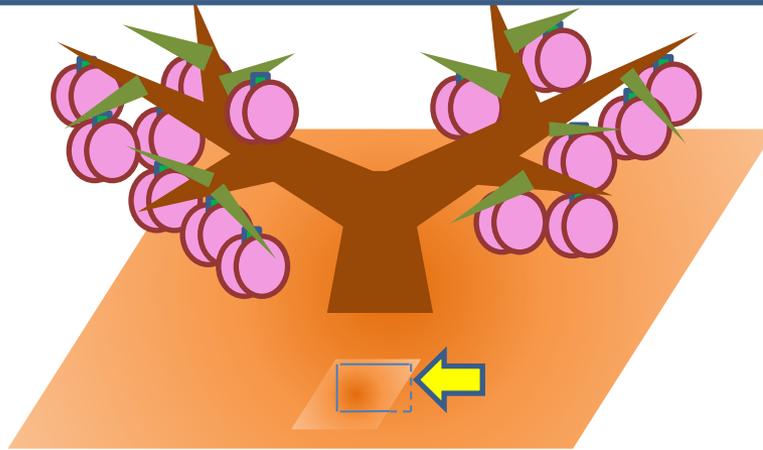
根の出方は樹種によって異なる



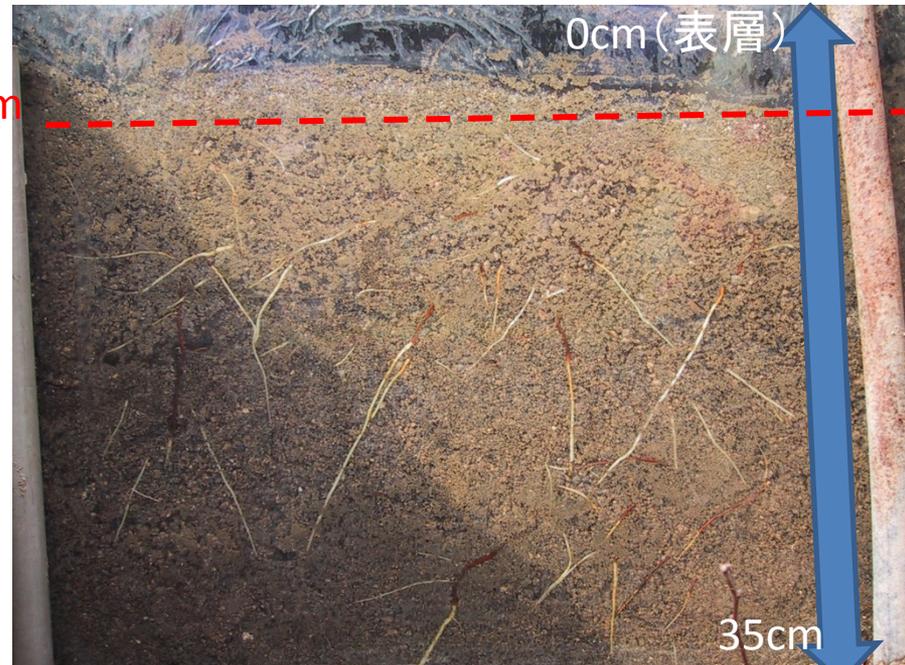
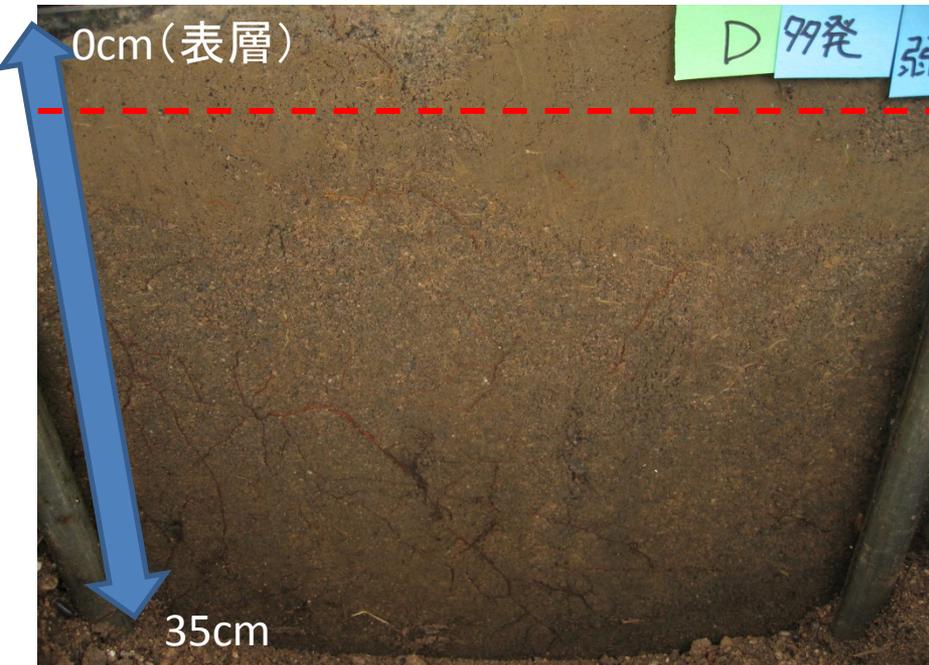
もちろん、根の張り方は台木や仕立て方、園地条件等により、大きく異なる。また、何を基準に浅い深いと判断するかにもよる(単純深度、平均分布域、対樹高比、等)。表記は参考程度に。

果樹の根の深さ

モモの根の分布



モモの樹の根元に穴を掘り、ガラスを設置し、そこに現れるモモの根を調査(岡山での試験、2003年)



果樹の根の深さ

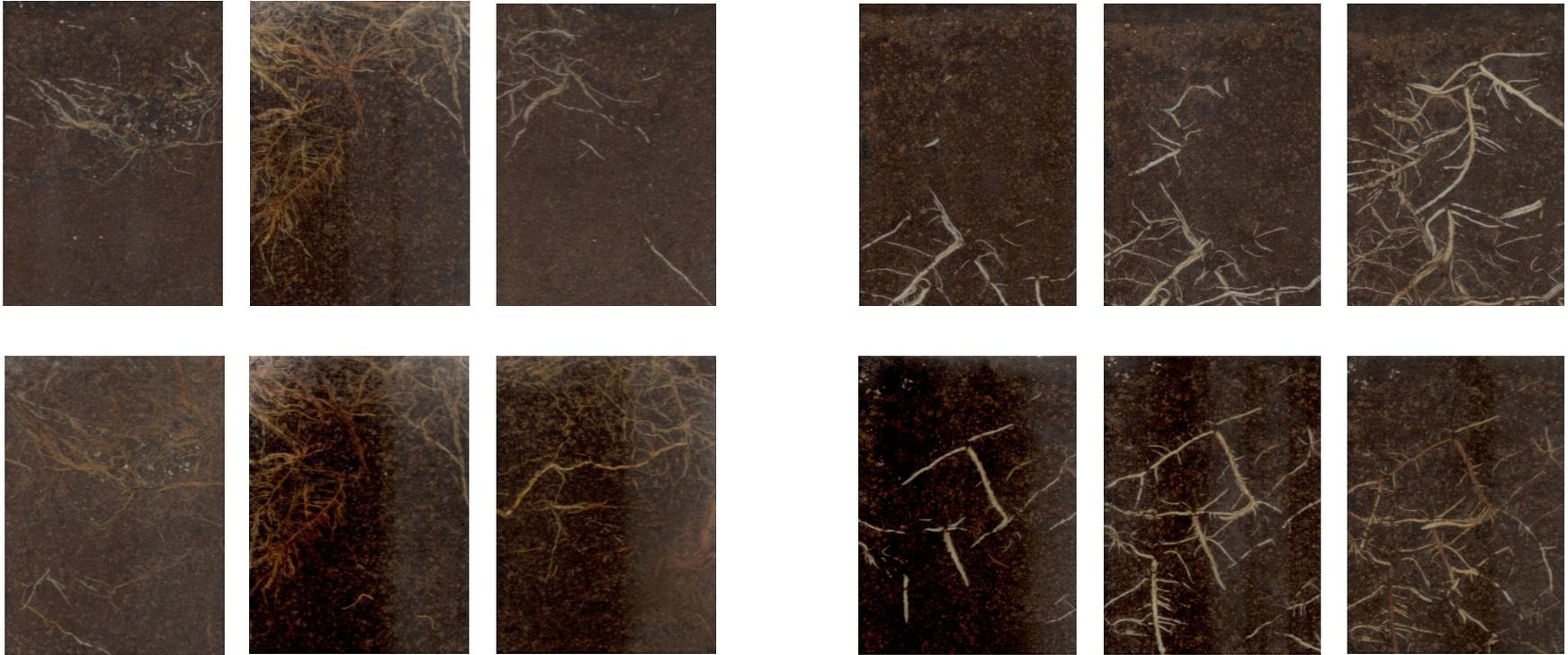
浅い

イチジク

鉢植え樹の根の分布

浅くない

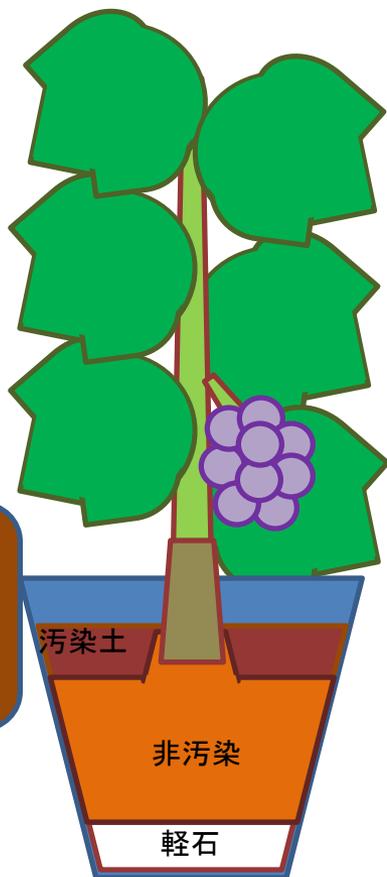
ブドウ



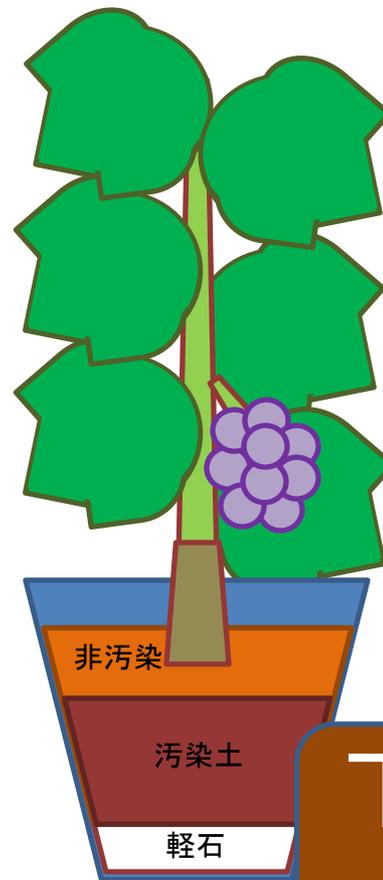
鉢植え試験でも、イチジクは上の方から根が出やすい、ブドウは全面に出る。



土壌からのCs移行を調べる



表層を
汚染



下層を
汚染

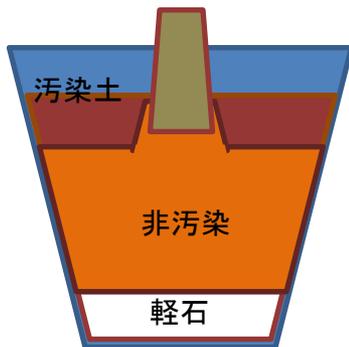
イチジクとブドウそれぞれに同じ処理

土壌からのCs移行を調べる

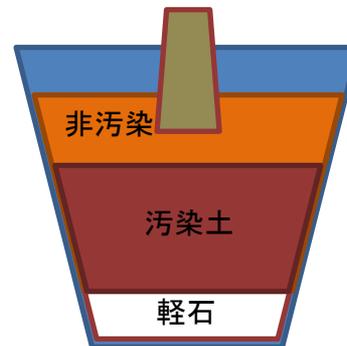
ブドウ



土壌濃度
(Bq/kgDW)



上 834
下 5



上 2
下 938

果実濃度
(Bq/kgFW)



移行係数

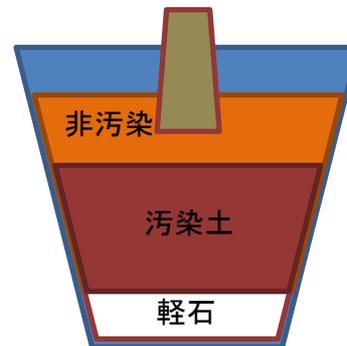
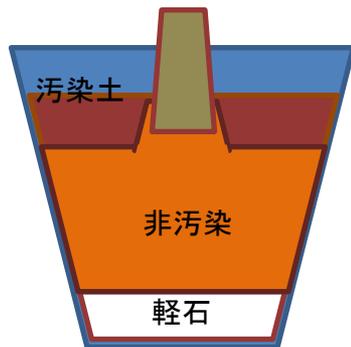
0.00168

0.00397

根の浅い

土壌からのCs移行を調べる

イチジク



土壌濃度
(Bq/kgDW)

上
下

4068

4

上
下

2

4208

果実濃度
(Bq/kgFW)

38.6

20.0

移行係数

0.0266

0.0071

土壌からの移行

根の深い樹種では、土壌表層のCsを吸収しにくい

根の浅い樹種では、土壌表層のCsを吸収しやすい

土からも移行するのは、確認できるが、現場レベルで考えれば、事故年の土壌からCs
果実への移行はわずか

樹体内における分配

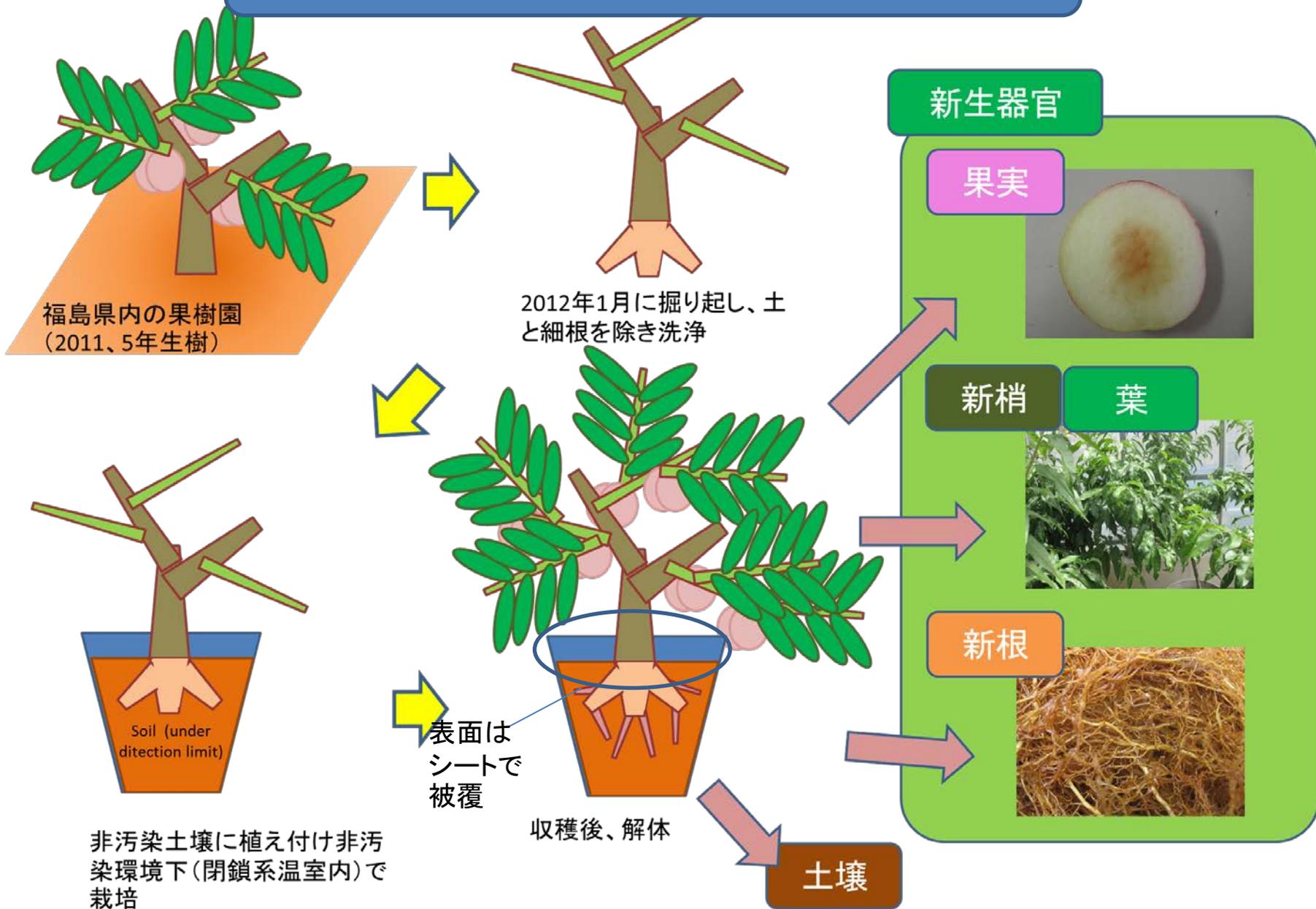
樹皮で高い濃度

量としてみると材でも多い

樹皮へのフォールアウトによる樹体内への侵入

↑
土壌からの樹体内への侵入と比べてどうか？

旧器官からの移行



旧器官からの移行

新生器官の¹³⁷Cs濃度 (gDW)



果実

葉

新梢

新根

Cs濃度

48.6

143.2

91.0

194.0

×

×

×

×

重量

||

||

||

||

分配量

37.1

47.1

15.0

27.1

分配率

29.4

37.3

11.9

21.5

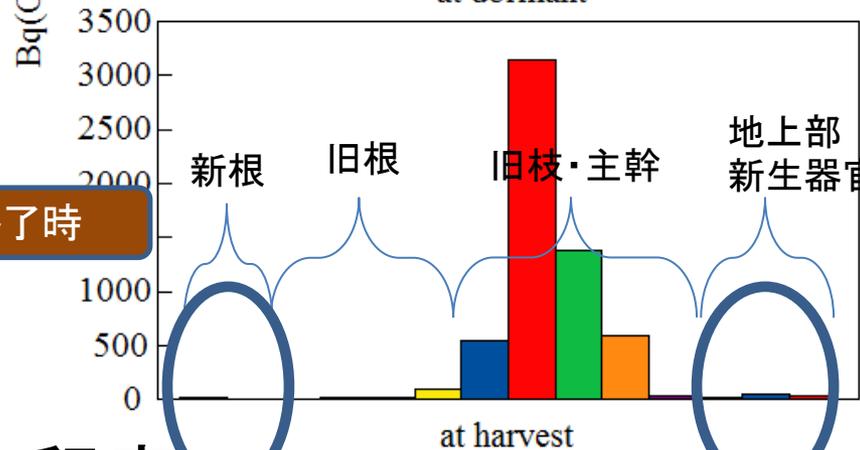
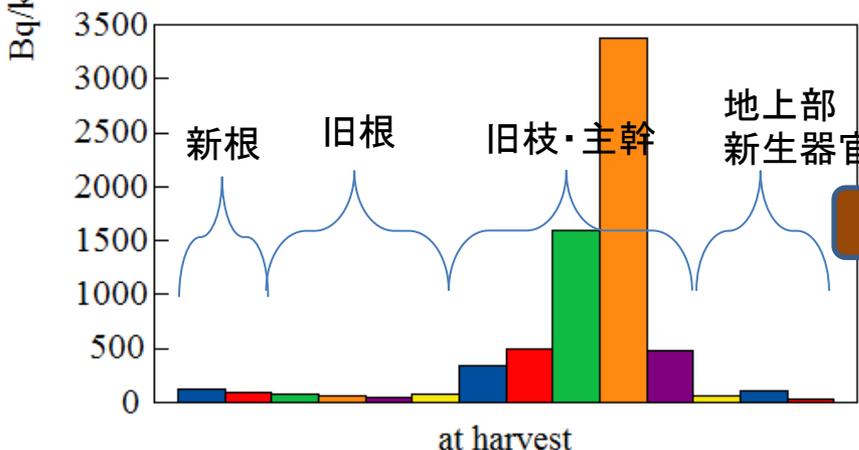
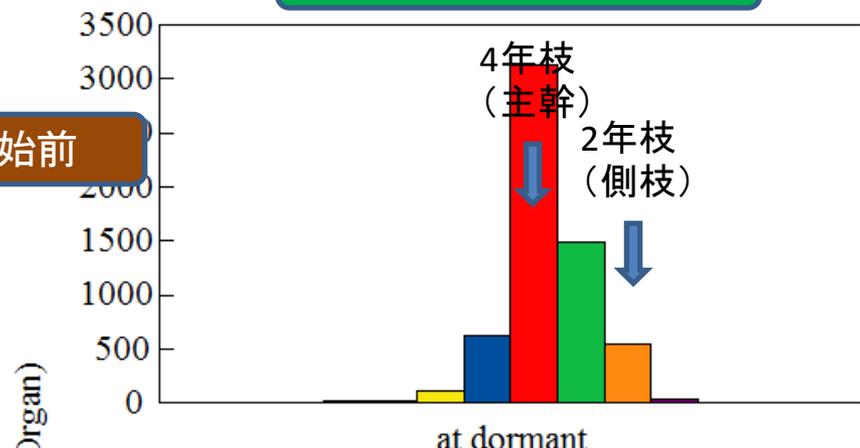
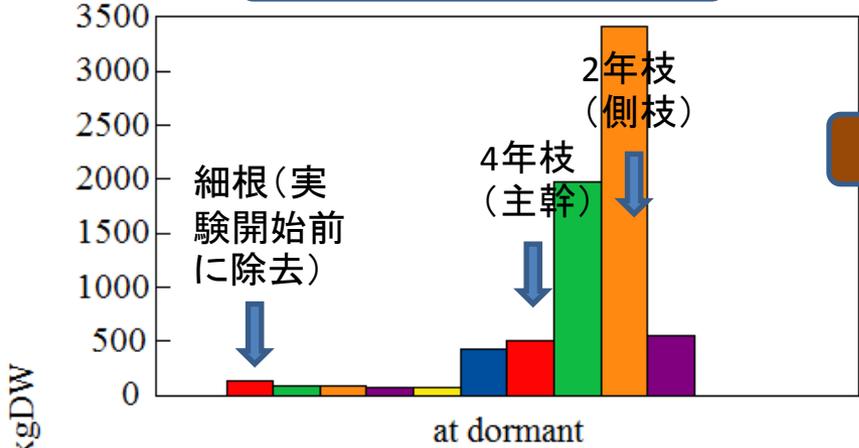
100%

旧器官からの移行

モモ樹体中の¹³⁷Cs

Dw当たりの濃度

Cs総量(濃度×器官重量)



2~3%程度

- 細根
- 細根
- 2-6mm
- 6-12mm
- 12-20mm
- 20+mm (根)
- 台上
- 4年枝
- 3年枝
- 2年枝
- 1年枝
- 新梢
- 葉
- 果実

旧器官からの移行

全樹体中Cs量を5000とすると

新器官

106

旧器官

4849

土壌

45

32

56

18



旧器官からの移行

%オーダーで旧器官より移動してきている。

根を介した土壌からの移行よりも寄与率が高い(詳細な計算を省略しましたが、総量ベースで比べると数ケタレベルで寄与率が異なる)。

事故当年は、根を通じた果実へのCsの移行は、直接降下したものと比較するとわずか

目次

福島県の果樹・果樹の一般的な知識

園地や樹体の汚染状況

汚染経路

果実濃度の予測・安全性の担保

予測までの道のりは遠い



予測が重要なのではなく、
どの程度の濃度を下回るかを判
別することが重要

その前に・・・

果実発育期間中の果実濃度の変化
を把握しないといけない。

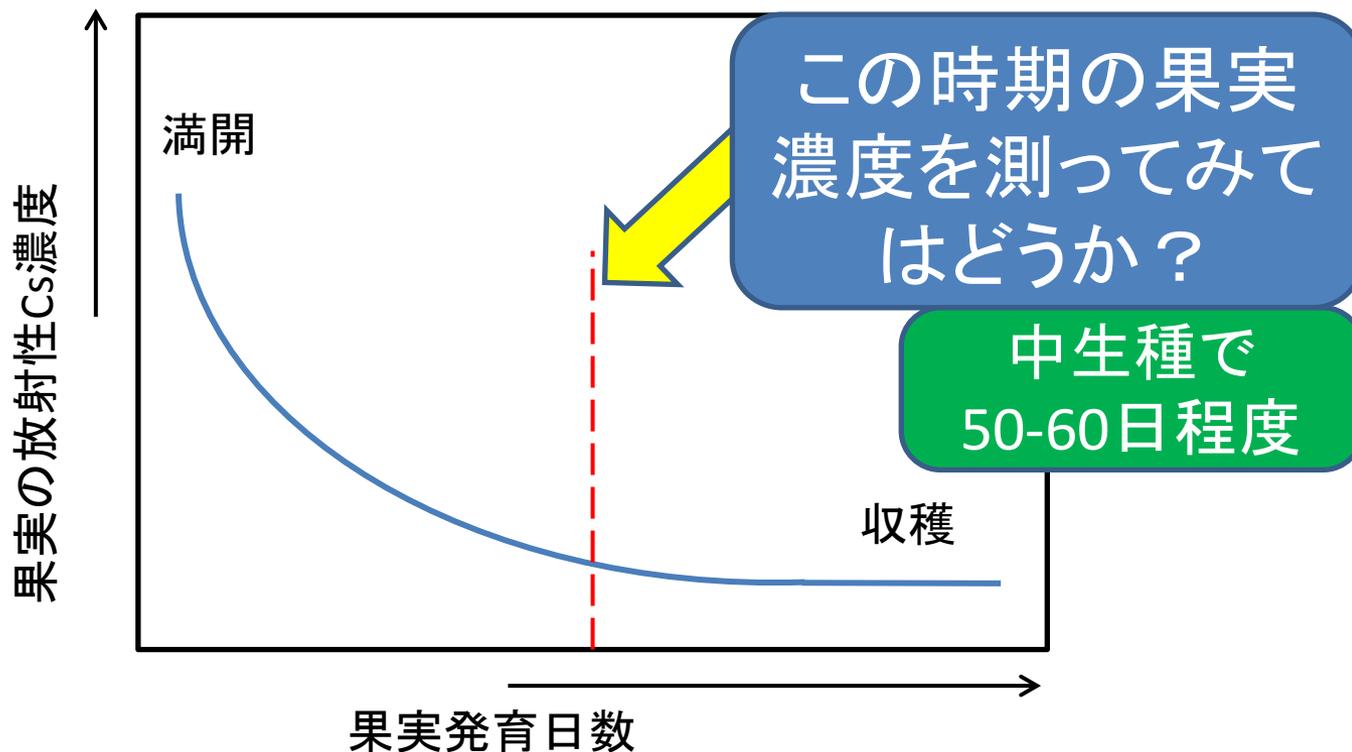
果実の発育期間中に濃度の増減は？

次に、この変化が、毎年同じかどう
か？

チェルノブイリ事故時は初年度のデータ
不足で果樹の放射性Csの変化は不明瞭

濃度の変化

果実濃度の変化



濃度の予測について

モモ果実中の放射性Csの経時的変化
果実発育第2期にある程度低下



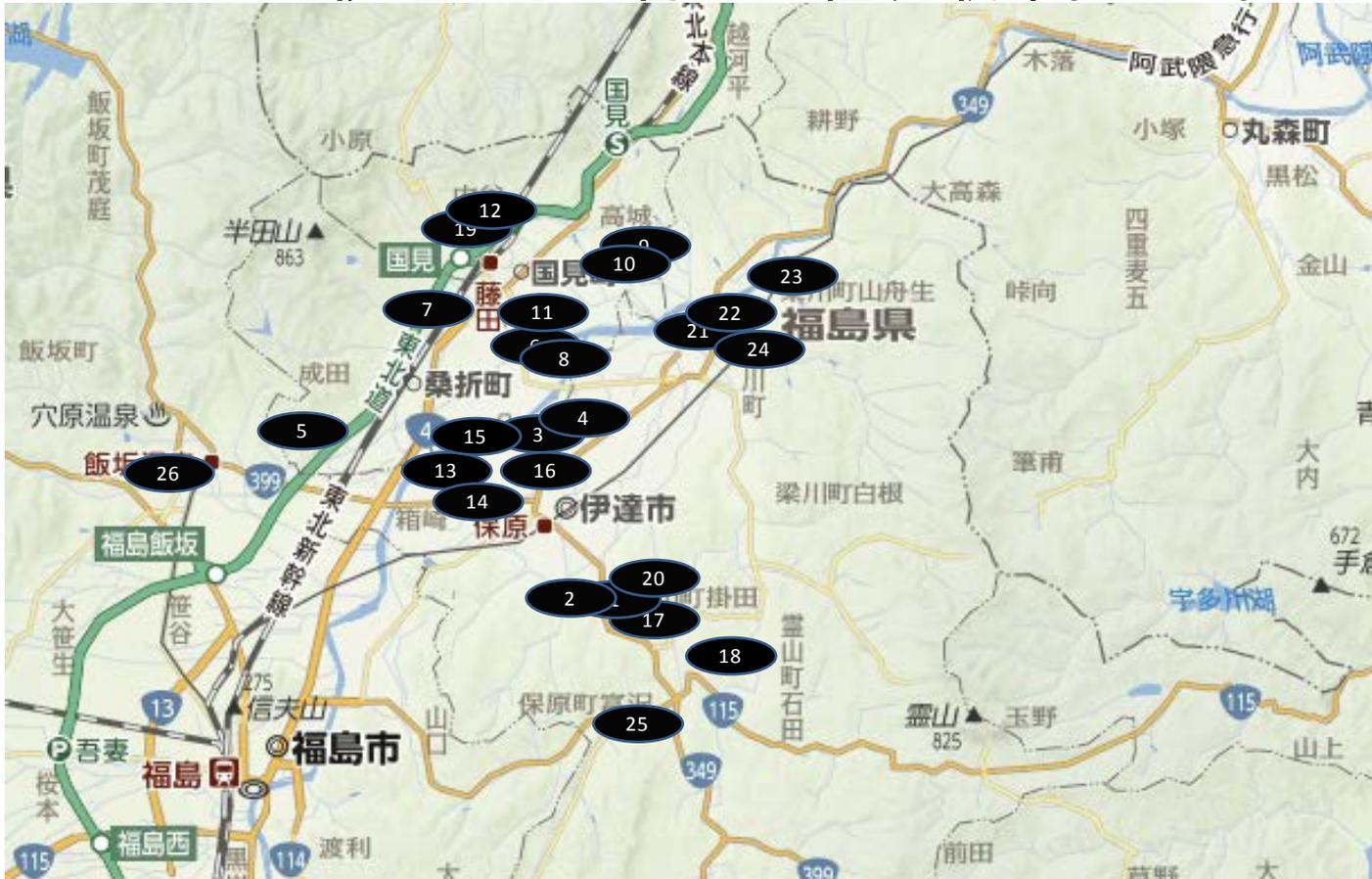
摘果果実と成熟果の放射性Cs濃度
収穫果の濃度予測が可能か？

濃度の予測について

調査園地

福島市飯坂(果樹研究所)

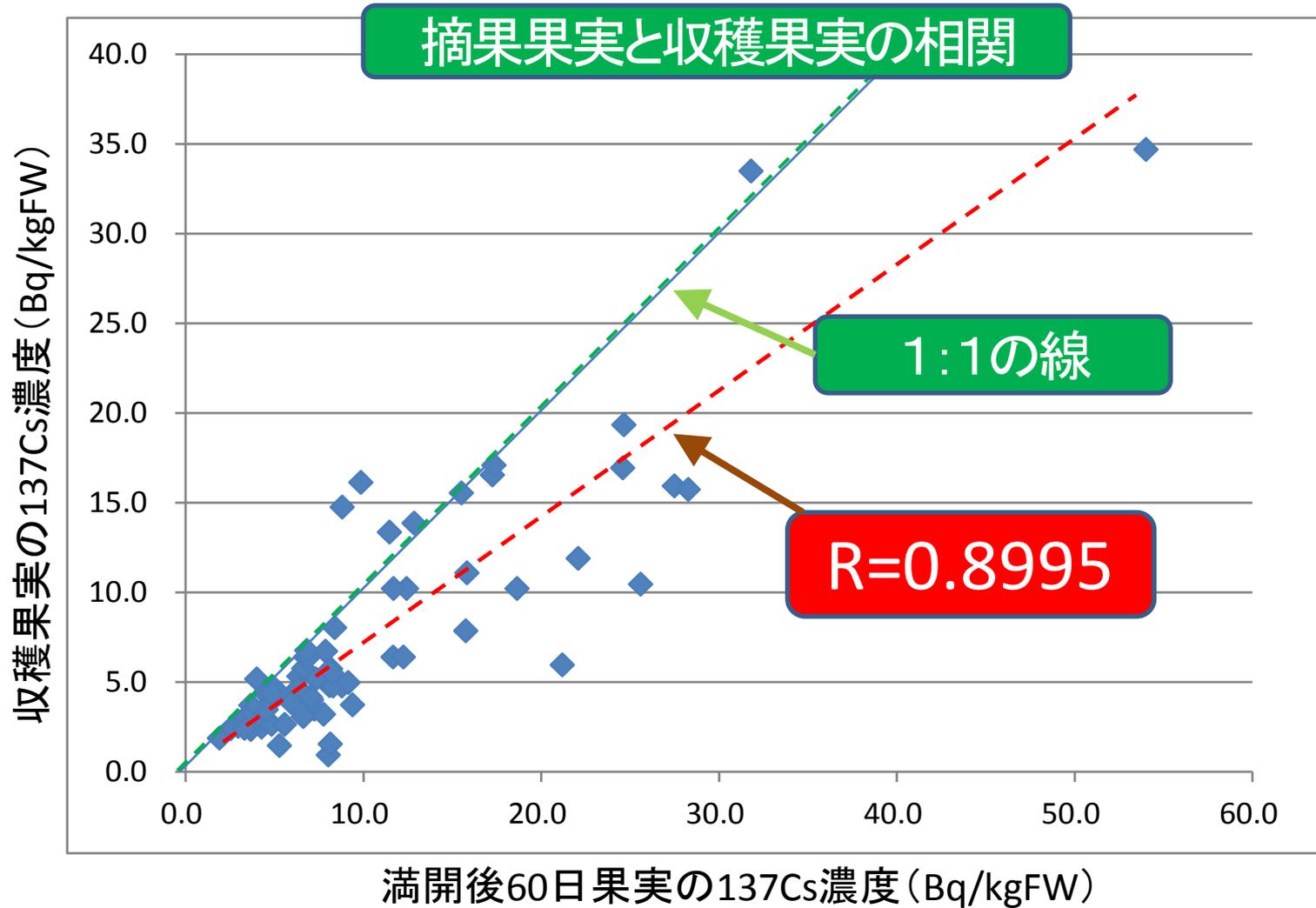
JA伊達みらい管内の経済栽培園 26園地



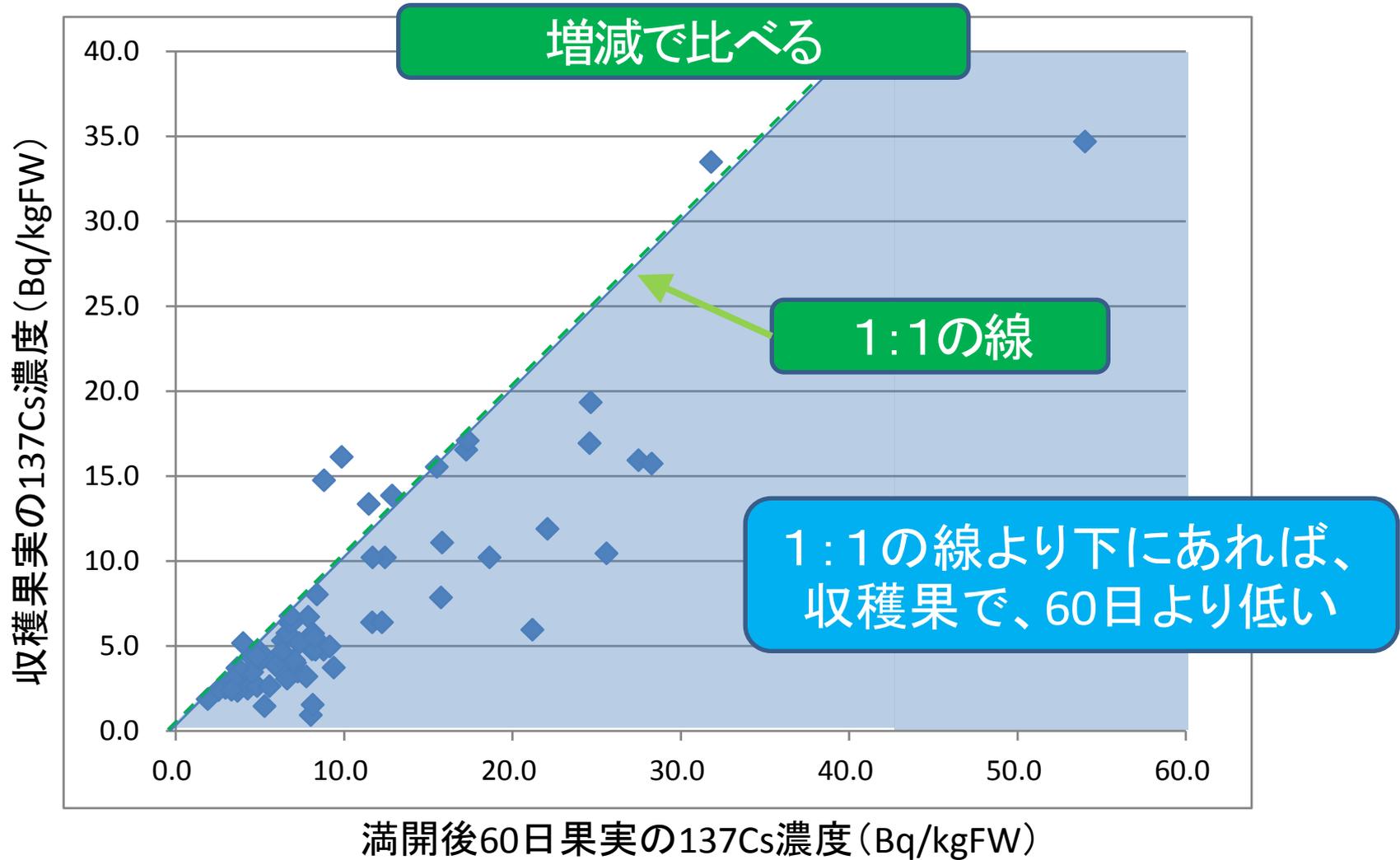
調査樹

あかつき, 3樹ずつ

濃度の予測について

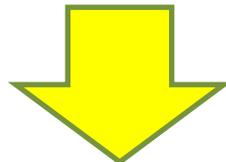


安全性の確保



安全性の確保

果実発育第2期にある程度低下
果実濃度は収穫果で60日より低い傾向



樹体ごと(園地ごと)の把握は可能
摘果果実の濃度が規制値(+安全係数)を超えた園地の樹のみ、収穫時などに再検査することで、労力の分散化

安全係数をどのように見積もるか？

放射性セシウムの 果樹樹体内における動態

樹体への直接降下の影響が強く、
樹皮に高濃度に存在

樹体内に存在するCsは新生器官に移動し、
その寄与は根からの吸収より高寄与

根からの吸収もあるが、根の分布域を把握したうえでの対処が必要

事前測定で汚染園地(樹体)の抜き出しは
もちろん、安全性の担保ができるのでは？