

果樹栽培と放射能汚染

農学生命科学研究科
附属生態調和農学機構
高田大輔

「放射線環境学」2015年11月16日

目次

福島県の果樹栽培

果樹の一般的な知識

園地や樹体の汚染状況

果実濃度の予測・安全性の担保

福島県の果樹栽培



モモ「あかつき」

ナシ「幸水」

あんぼ柿



リンゴ「ふじ」

ブドウ「あづましずく」

オウトウ「佐藤錦」

写真：福島県HPより

福島県の果樹栽培



福島県の果樹栽培

福島県産果樹の生産面積、収穫量、出荷量 (2013年)

Fruit trees	Ranked	Cultivated area (ha)	Crop yields (t)	Shipments (t)
Peach	2nd	1,780	29,300	27,100
Apple	6th	1,380	26,800	23,500
Persimmon	5th	1,340	3,790	3,790
Japanese pear	4th	974	19,800	18,300
Grapes	13th	288	2,960	2,960

福島県の果樹栽培

福島県産モモとカキの 生産面積、収穫量、出荷量の推移

Year	Peach			Persimmon		
	Cultivated area (ha)	Crop yields (t)	Shipments (t)	Cultivated area (ha)	Crop yields (t)	Shipments (t)
1990	2,610	40,200	37,600	1,350	10,200	8,270
2000	1,800	31,500	29,400	1,420	11,000	8,670
2004	1,750	30,700	28,400	1,430	13,500	11,200
2008	1,790	31,800	29,400	1,420	16,100	13,500
2009	1,790	30,100	27,900	1,410	13,600	11,300
2010	1,780	28,200	26,200	1,400	14,000	12,000
2011 ²	1,780	29,000	26,500	1,390	4,550	3,540
2012	1,780	27,500	25,200	1,350	4,480	3,390
2013	1,780	29,300	27,100	1,350	4,890	3,790
2013 in Japan	10,700	124,700	114,100	22,300	214,000	177,400

² Accident year

福島県の果樹栽培

福島県産モモの 入荷量、占有率、卸売価格の推移 (2013年)

Year	August - November Total/average		
	Stock volume (t)	Market share (%)	Wholesale price (Yen/kg)
2008	3,599	43.3	369
2009	3,294	47.5	389
2010	3,309	42.2	450
2011 ^z	5,433	50.9	211
2012	3,881	46.3	350
2013	4,574	56.0	353

^z Accident year

目次

福島県の果樹栽培

果樹の一般的な知識

園地や樹体の汚染状況

果実濃度の予測・安全性の担保

果樹の一般的な知識

ライフサイクル

一年（一作期）でみる



果樹の一般的な知識

ライフサイクル

果実発育期間の様子



果樹の一般的な知識

ライフサイクル

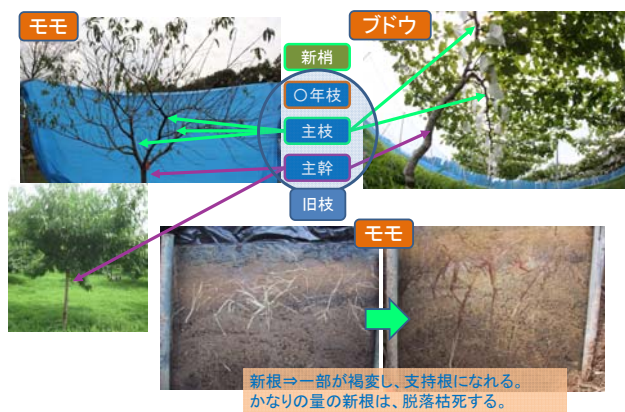
一生でみる



果樹の一般的な知識



果樹の一般的な知識



目次

福島県の果樹栽培

果樹の一般的な知識

園地や樹体の汚染状況

果実濃度の予測・安全性の担保

福島県の放射能汚染状況



文部科学省による福島県の航空機モニタリングの測定結果より
(福島県内の放射性Cs沈着量)

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



休眠期

原発事故が起き、フォ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



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

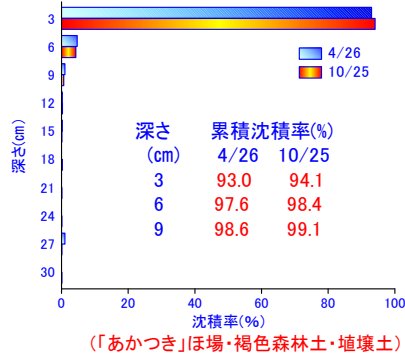
土壌中放射性Cs濃度の垂直分布



19か所
樹種: モモ、オウトウ、リンゴ、ニホンナシ、ブドウ、カキ、ユズ、ウメ
土性: 砂質埴壌土、埴壌土、重埴土、花崗岩系砂質土、シルト質埴土
土壌及び葉・果実の放射性Cs濃度・樹園地内外の空間線量

樹園地のモニタリング調査

土壌中¹³⁷Cs濃度の垂直分布



果実と葉の汚染状況

収穫果実の調査

落葉・常緑樹 樹種	※ カリ濃度 (mg/kg)	緊急モ ニタリ ング係 数	果実中の放射性セシウム濃度割合 (%)				暫定規制値超過市町村 (500Bq/kg以上)		超過原因推定等
			ND	100Bq/kg 未満	100Bq/kg 500Bq/kg 未満	500Bq/kg 以上	県北地方	相模地方	
落葉 ブルーベリー	70	40	28	85	8	0			
落葉 アケビ	95	15	13	80	7	0			
落葉 リンゴ	110	225	53	47	0	0			
落葉 パウ	130	84	56	43	1	0			
落葉 日本ナシ	140	106	69	32	0	0			
落葉 西洋ナシ	140	30	57	43	0	0			
常緑 ユズ	140	36	3	28	53	17	福島市、伊達市、奥州市	南相馬市	放射性物質降下時に旧葉等に付着
常緑 スズモ	150	22	23	64	14	0			
常緑 ビワ	160	8	0	88	0	13		南相馬市	放射性物質降下時に旧葉等に付着
落葉 イチジク	170	54	39	49	11	2		南相馬市	放射性物質降下時に旧葉等に付着
落葉 モモ	180	247	31	58	1	0			
落葉 カキ	200	185	38	54	7	0		南相馬市	樹園地周辺に林あり
落葉 オウトウ	210	25	32	68	0	0			
落葉 ネクタリン	210	11	9	91	0	0			
落葉 ウメ	240	106	1	26	63	10	福島市、伊達市、奥州市、相馬市	南相馬市	放射性物質降下時に花・幼果に付着
落葉 ザクロ	250	7	14	29	43	14	伊達市		樹園地周辺に林あり
落葉 キウイフルーツ	290	40	20	58	18	5		南相馬市	樹園地周辺に林あり
落葉 クリ	420	65	17	48	32	3	伊達市	南相馬市	樹園地周辺に林あり
落葉 シルミ	540	11	36	55	9	0			
落葉 トナリ	700	39	10	72	18	0			

※カリ濃度・厚生労働省「食品成分表」

(2011年11月15日当時)

樹体内における分配

モモの樹を解体する



樹体内における分配

モモの樹を解体する

解体、洗浄・乾燥後部位ごとにCs測定



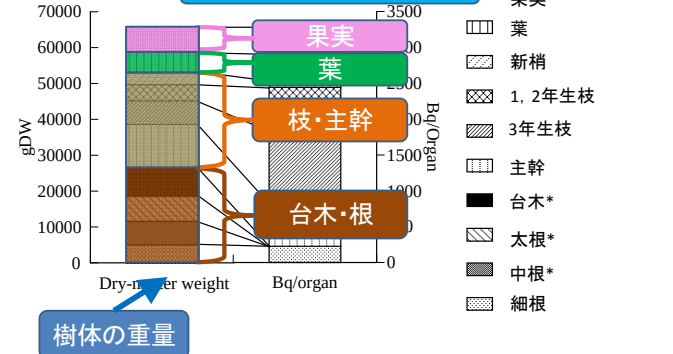
樹体内における分配

モモ樹体の¹³⁴+¹³⁷Cs濃度



樹体内における分配

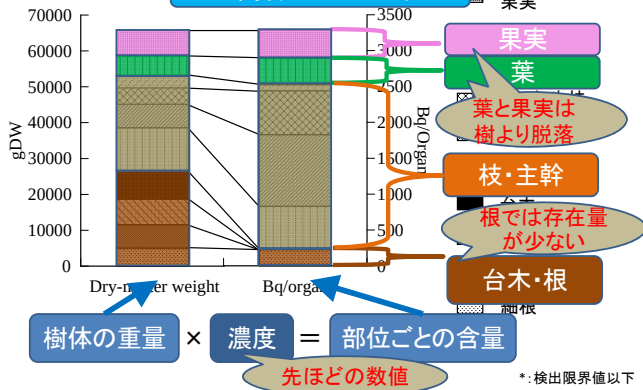
モモ樹体重量



*: 検出限界値以下

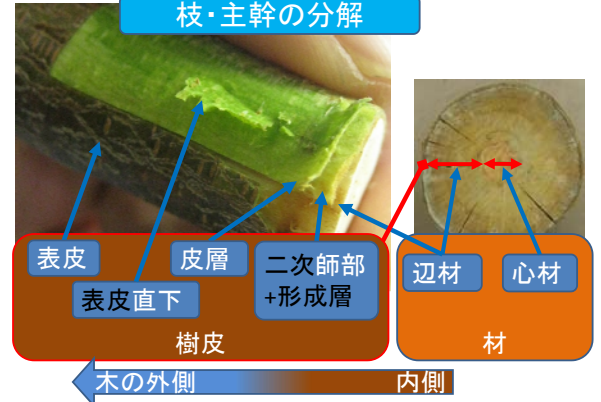
樹体内における分配

モモ樹体重量とCs含量



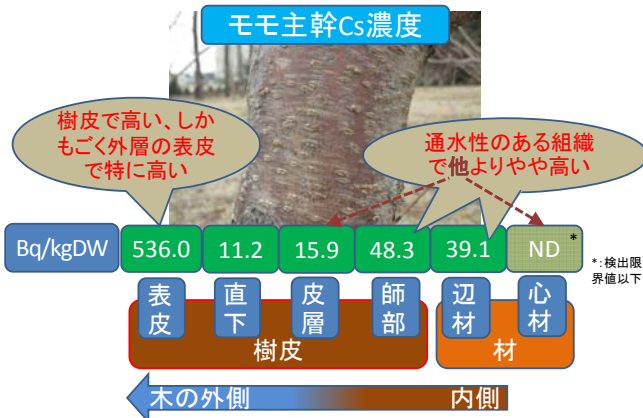
枝の放射性Cs濃度

枝・主幹の分解



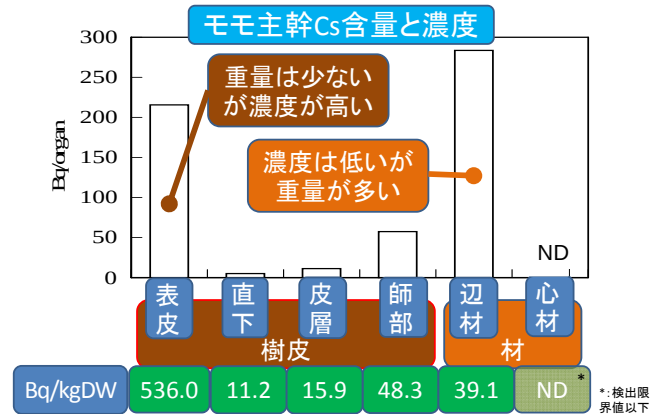
枝の放射性Cs濃度

モモ主幹Cs濃度



枝の放射性Cs濃度

モモ主幹Cs含量と濃度

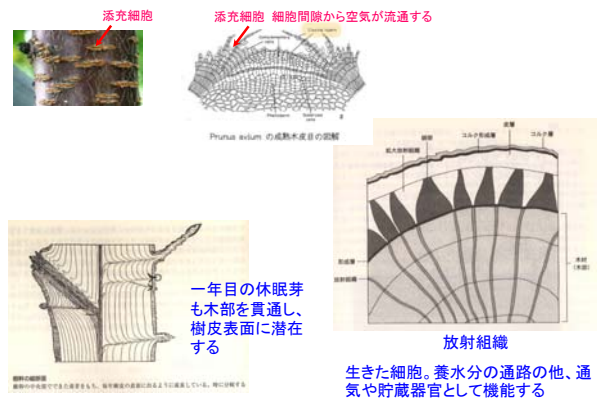


枝の放射性Cs濃度

放射能の可視化 モモ3年生枝の イメージングプレート



皮目



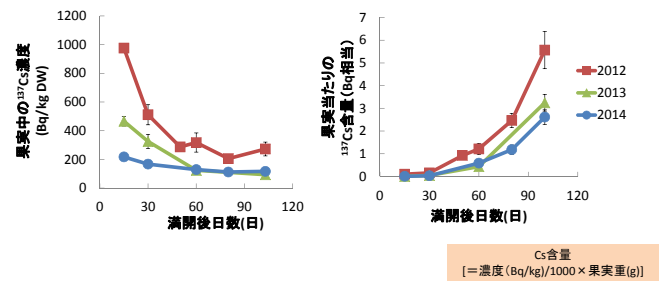
枝の放射性Cs濃度

カキ樹に対する高圧洗浄処理



経年的な変化

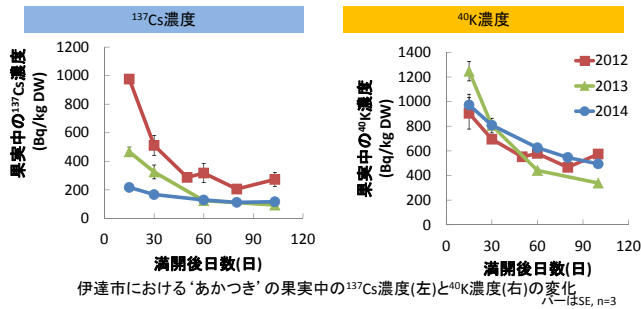
果実発育期間中の放射性Cs濃度の変化



市川ら、2015

経年的な変化

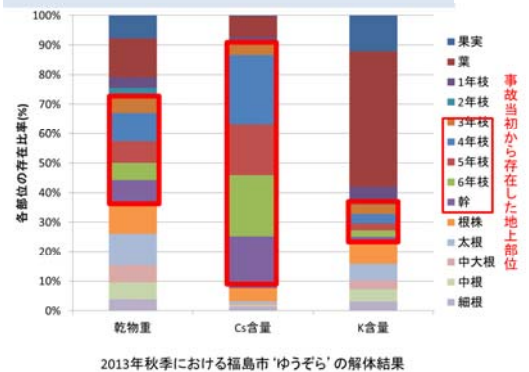
果実発育期間中の放射性Csと⁴⁰K濃度の変化



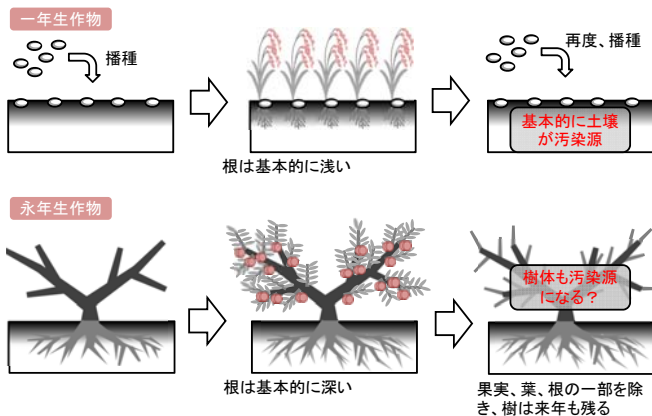
市川ら、2015

樹体内における分配

樹体内の¹³⁷Csと⁴⁰Kの存在比



一年生作物との違い



樹体内における分配

樹皮で高い濃度

量としてみると材も多い

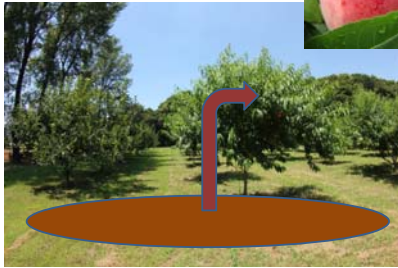
樹皮へのフォールアウトによる樹体内への侵入

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

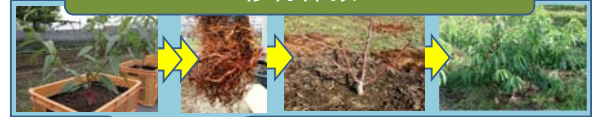
移行係数

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

過去の知見
最大値 最小値

モモ

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

1.3×10^{-2}

9.0×10^{-3}

ブドウ

2.0×10^{-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
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

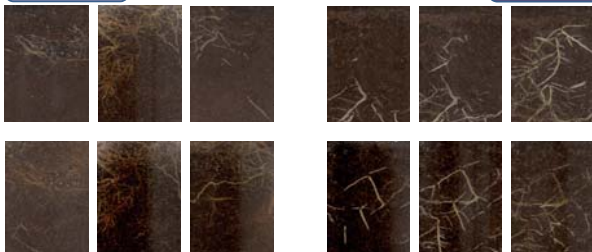
浅い

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。

イチジク



収穫果いろいろ



試験イメージ

試験の様子(ブドウ)



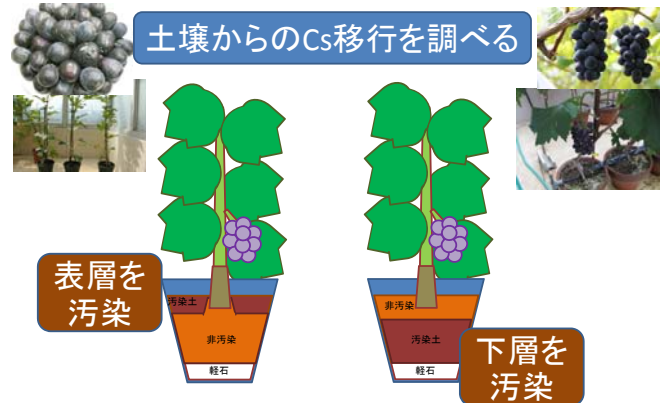
試験の様子

試験樹収穫果

試験の様子

試験イメージ

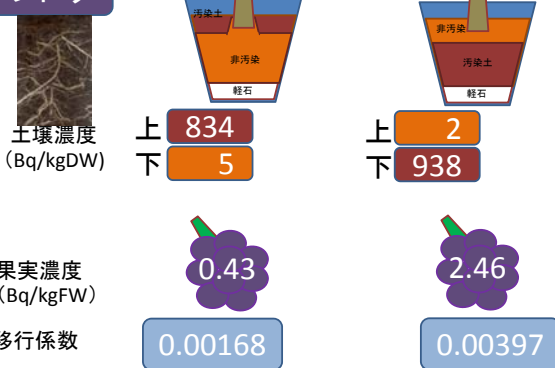
土壌からのCs移行を調べる



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

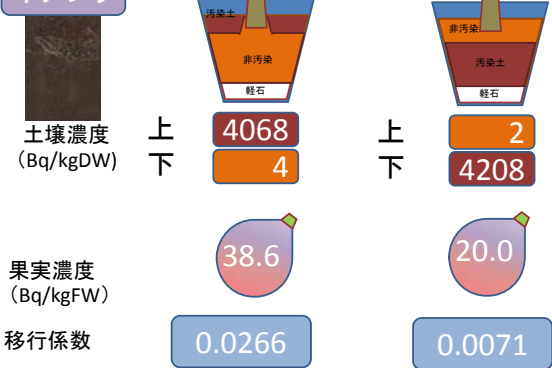
ブドウ



根の浅い

土壌からのCs移行を調べる

イチジク



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

旧器官からの移行



旧器官からの移行



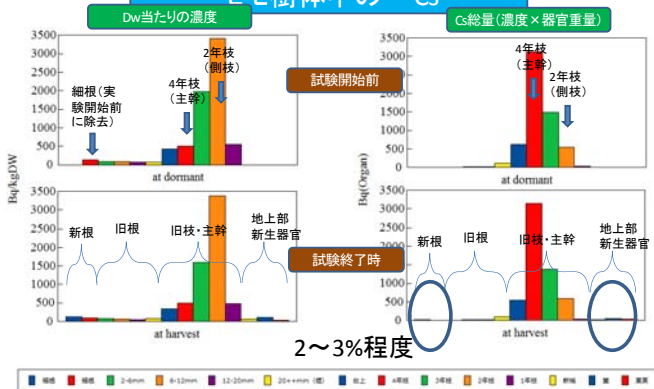
旧器官からの移行

新器官の¹³⁷Cs濃度 (gDW)

	果実	葉	新梢	新根
Cs濃度	48.6	143.2	91.0	194.0
重量	x	x	x	x
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



旧器官からの移行

全樹体中Cs量を5000とすると



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ヶ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

福島県の果樹栽培

果樹の一般的な知識

園地や樹体の汚染状況

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。

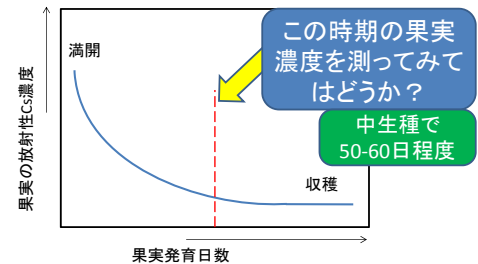
果実の発育期間中に濃度の増減は？

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



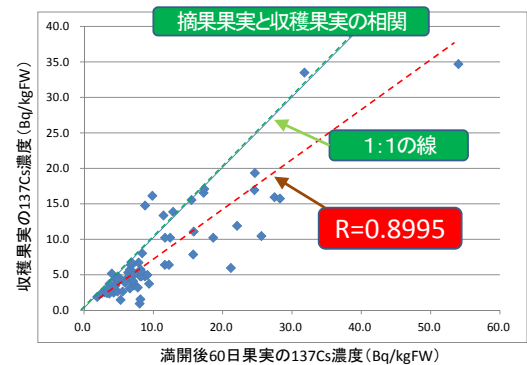
濃度の予測について

モモ果実中の放射性Csの経時的变化
果実発育第2期にある程度低下

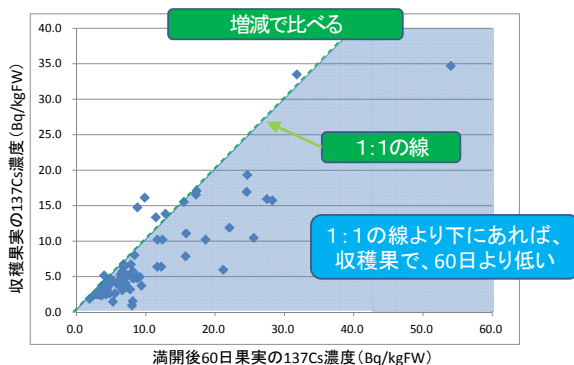


摘果果実と成熟果の放射性Cs濃度
収穫果の濃度予測が可能か？

濃度の予測について



濃度の予測について



果樹栽培と放射能汚染

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？