

2017年11月15日

原発事故6年余経過の SPEEDI 放射性物質拡散予測方向における 放射能の影響について

一般社団法人 南相馬除染研究所
Chief Coordinator 田中節夫

背景

2011年3月11日東日本大震災に端を発した福島第一原発事故からこの秋で6年有余を経過しました。

誰もが予測しなかった放射性物質(放射能)の拡散という事態に当たり、住民にとりそれがどのような影響を持続的に与えていくのか、またどの程度のリスクが存在するのか、いまだに多様な議論がされています。

大枠としての「安全安心」はこれまで多様な施策により担保されてきましたが、将来にわたる原状復帰への「安全安心」の判断は、結局住民一人一人が「与えられた情報を選択し決定すること」になるのが現実だと思います。

しかし、たとえば空間放射線量を判断の基準としても、家族年齢構成と掛け合わせると、その判断は一様ではなく非常に難しいのが実態であろうと思います。

弊所では、原発事故直後の放射性物質の拡散方向を北北西と予測した SPEEDI の拡散マップで、その終端近傍にあたる宮城県七ヶ宿町「七ヶ宿ダム自然休養公園(以下七ヶ宿ダム公園)」に至る線上が、ほぼ直線的な距離で、放射能各レベルを比較観測しやすく、その変化を知ることが影響やリスクを理解しやすいと考え、いくつかの観測地点を2013年に設けて、空間放射線量の測定や、比較調査のいくつかの地点では栗や土壌を採取し、放射能(セシウム)の年度ごとの変化推移を観測、いくつかの知見を得て、地元の放射能測定情報(data)として提供することに取り組んできました。

事故発生当初から多くの機関・マスコミ及び多様な専門家から得られた情報と合わせ、「安全安心」の推移と現状を住民が理解する、一つの判断情報の目安となれば幸いです。

またこの調査結果は、放射性物質の拡散が与える長期間の空間環境の影響を理解するうえで、参考になる調査資料になるものと考えています。

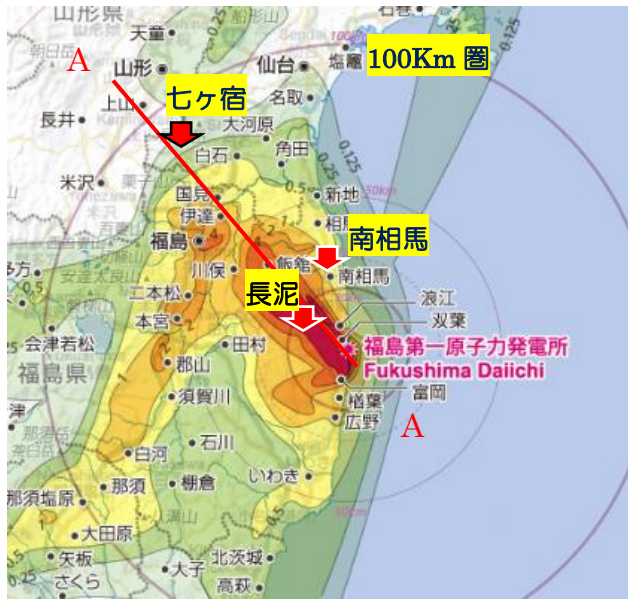
方法

福島第一原発事故による高濃度放射性物質の拡散方向を予測した SPEEDI の予測地図を Fig-1 に示します。

Fig-1 A-A' で示す線上近辺で七ヶ宿町「七ヶ宿ダム公園」に至る地点 11 地点を観測地点とし、毎年 10～11 月ごろ(試料とする栗の収穫時期)放射能汚染レベルを観測。

またこれらの情報と比較するために、福島第一原発より 20～30Km 圏近辺の南相馬市及び特に高い放射線量を示す飯舘村長泥地区(北側ゲート)の環境情報を取り上げました。

Fig-1



1. 観測地点と観測項目

- ①飯館村草野地区:南相馬市から飯館村中心市街地入口にあたる更地地点
(福島第一原発より約 40Km)
- ②飯館村から霊山に向かう県道 R31 前乗地区路肩
- ③前乗り地区路肩から約 100m 草野寄りの農地取り付け農道入口中央(初回測定時に高線量を記録したことから参考線量地点として採用)
- ④飯館村旧佐須小学校分校前の県道 R31 との分岐交差点石碑脇
- ⑤霊山町国道 R115 沿いにある「片山アイスクリーム店」脇の田んぼ畦
- ⑥国道 R115 と霊山町掛田挽地越地区の入口交差点付近
- ⑦桑折町阿武隈川沿い県道 R123 の「伊達地方衛生センター」前路肩
- ⑧「伊達地方衛生センター」前の阿武隈川土手(人手が入りにくい河川脇として参考地点)
(福島第一原発より約 60Km)
- ⑨国見町と七ヶ宿町との境界点、県道 R46 小坂峠頂上の路肩
- ⑩宮城県七ヶ宿町「七ヶ宿ダム公園」の遊歩道桜林路肩
- ⑪宮城県七ヶ宿町「七ヶ宿ダム公園」の遊歩道栗の木脇 (福島第一原発より約 80Km)
- ⑫上記北北西各地点との比較地点として、福島第一原発から北北西の約 20Km 飯館村長泥地区北ゲート及び約 25Km 地点南相馬市原町区橋本町住宅地および太田地区農地

2. 採取試料

測定地点⑪およびその比較地点⑫で採取された栗の実、および植栽土壌

3. 観測項目の測定機器

1) 栗及び植栽土壌の試料放射線濃度測定

ウクライナ AKP 社製 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメーター

形式:SEG-001-AKP-S-63

測定単位:Bq/Kg

2) 現地各観測地点における空間環境測定

①地表面放射能濃度

US Thermo 社製パンケーキ型 GM 多目的サーベイメーター

形式:RedEye20ER

測定単位:Bq/Cm2

②地表面及び 1m 空間放射線汚染度

Japan 日立アロカ社製 GM サーベイメーター

形式:TGS146B

US Thermo 社製パンケーキ型 GM 多目的サーベイメーター

形式:RedEye20ER

測定単位:CPM

③地表面及び地上 1m 空間放射線強度

Japan 堀場製作所製 CsI(Tl)シンチレーションサーベイメーター

形式:PA1000

観測結果と考察

1. 福島第一原発を起点とした Fig-1 A-A'線上(北北西)方向における環境観測結果

1) 放射能の単位当たり汚染密度=濃度(地表面 Bq/cm2)の変遷とその影響

Fig-2

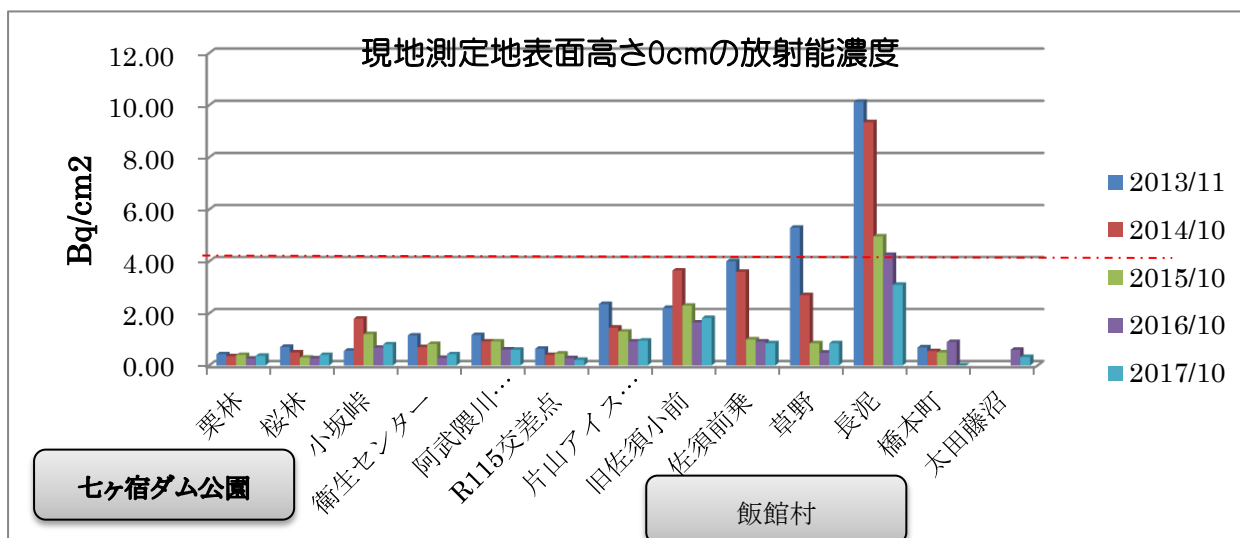


Fig-2 で示すように、2011 年 3 月の福島第一原発事故から二年を経過した 2013 年においても、現地土壌の放射能の汚染密度は福島第一原発に最も近い長泥、直線で約 80Km 離れた七ヶ宿ダム公園へと、距離に比例して放射能濃度が低くなることを示しています。

ここからは、その時期まで調査地点の北北西方向では土壌に及ぶ効果的な環境改善がされていなかったことがわかります。

放射性同位元素による放射線障害の防止に関する法律により、α線を放出しない放射

性物質(セシウムなど)は4Bq/cm²を超える場合、管理区域を設置することが求められています。

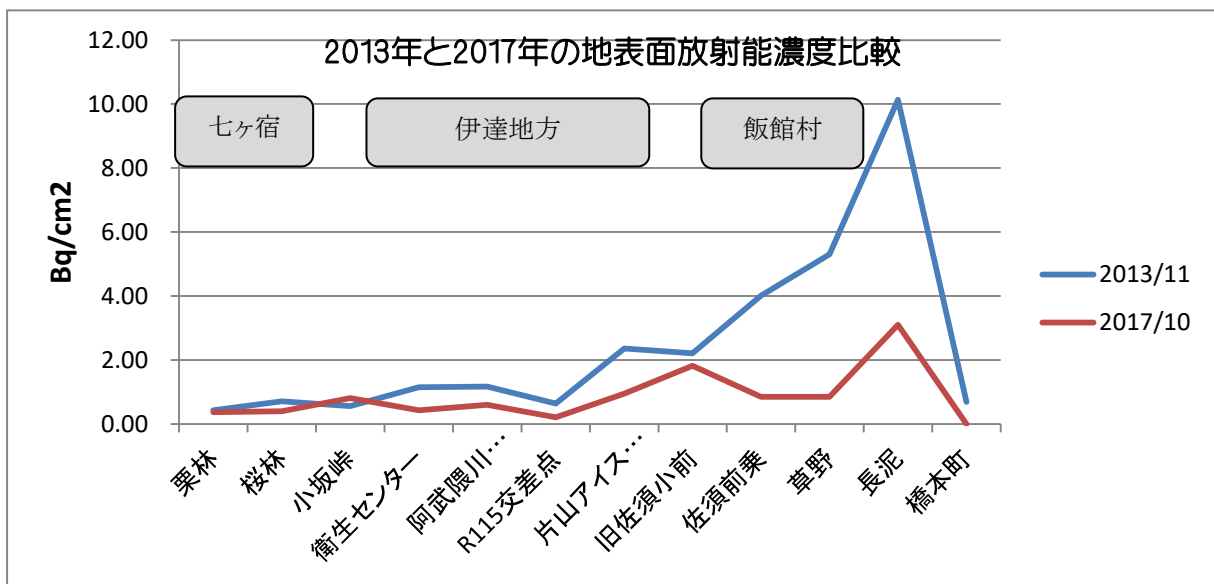
従って「安全安心」を示す一つの参考指標としてこの数値を考えるならば、Fig-2 2013年には佐須、草野、長泥(いずれも飯館村)でこの基準を超える、または基準前後のレベルを示していましたが、当時この地区は住民避難地区となっていました。

その後、佐須及び草野など飯館村では2015年より土壌入れ替えなどを含む除染が実施され、その結果2017年には住民の帰還が実現していない高線量地区付近の、調査地点長泥北ゲート地点を除き、全調査地点で放射能密度は0.21~1.82Bq/cm²と低い値で各地平準(原状回復傾向)が図られたことをグラフは示しています。

これを裏付けるように2017年春には長泥など一部の地域を除き、飯館村の住民の帰村が実現したことは、「安全安心」へ推移した具体的成果と考えてよいと思います。

Fig-2 グラフの内、2013年と2017年の観測値を抜粋し比較したグラフがFig-3で全村的な大掛かりな除染を実施した飯館村とその他の北北西調査地点との放射能減衰量の違い(環境改善効果)が分かります。

Fig-3



2) 放射能の空間環境放射線強度(μ Sv/H)の変遷とその影響

放射性物質が放つ放射線が、人体に影響を与える大きさを知る単位として、Svが使われます。(注: 1Sv=1,000mSv=1,000,000 μ Sv)

この視点から、調査区域の北北西各地点と、25Km 圏内の南相馬市内(橋本町・太田藤沼)の推移と比較により、放射能からの「安全安心」を考えます。

Fig-4 及び Fig-5 は、地上高 0cm(土壌面)の放射線量と周辺空間環境の影響も受けやすい地上高 1mにおける放射線量を観測した結果です。

Fig-4

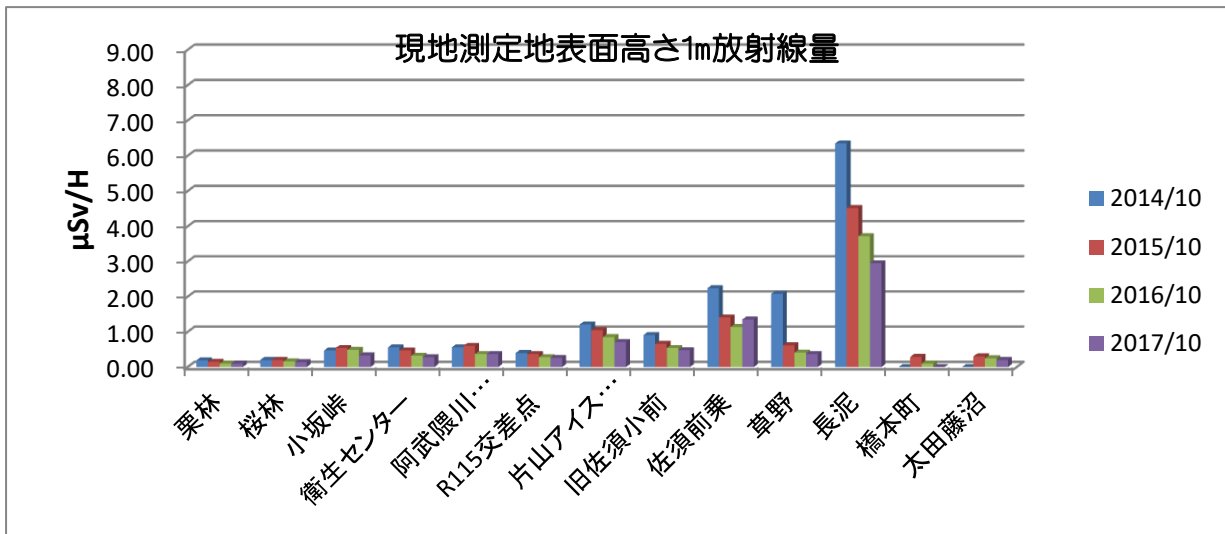
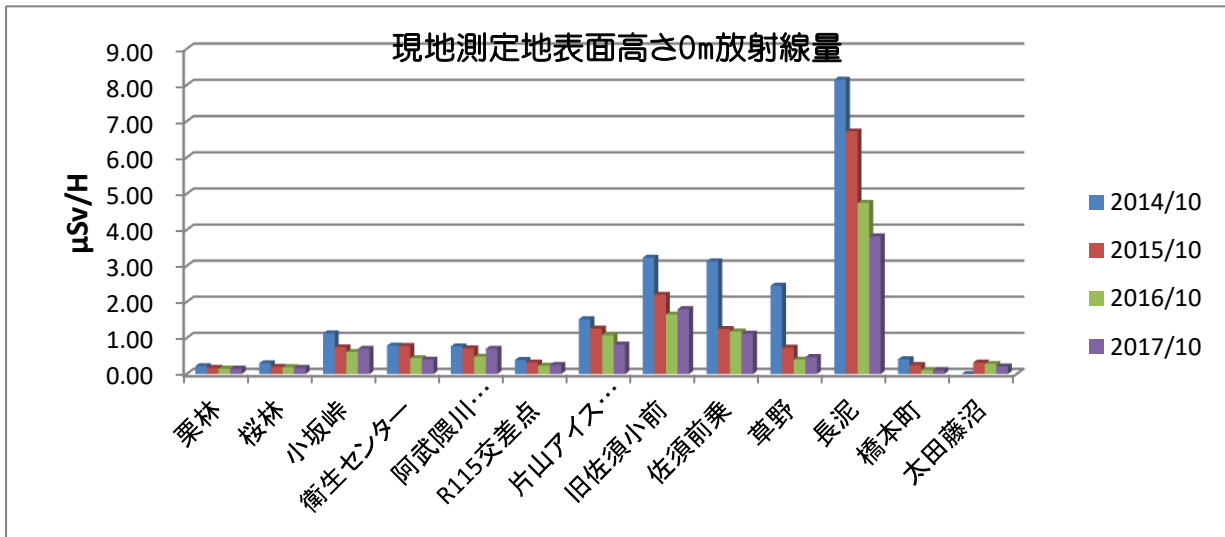


Fig-5



いずれの地点においても観測年度で比較すると、経年により減衰し、放射線量の強さは地表面>地上高 1mとなっています。これはどのような意味があるのでしょうか。

これまでも地表面から離れた高さでは、周辺に高い放射能を持つエリアがある場合を除き、放射能の影響が小さくなる傾向が一般的であることが知られており、調査地点においても同様の傾向を示しているといえます。

このことは、解放空間=(人体の接触面積の大きい)生活空間と考えた時、人体が通常的生活習慣行動で受ける外部被ばくのレベルは、地表面より小さいことを示しており、更には観測される放射線量を常に全量浴びることはないため、外部被ばく量は更に小さくなります。

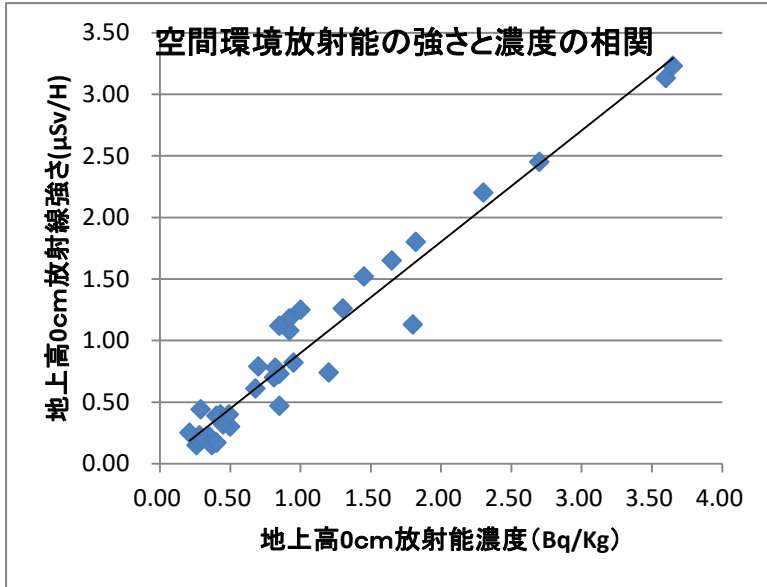
これまでに、人体が受ける外部被ばく量は観測される 1m空間線量の 1/2~2/3 にとどまることが弊所の調査や他の調査機関の報告事例から判明しています。

従って、2017年では調査地点(飯館村では帰還が許容された居住地区)の空間放射線量は、「安全安心」な年間積算外部被ばく線量が実現しているといえます。

3) 土壌表面の放射能汚染濃度(Bq/cm²)と放射線量(μ Sv/H)の相関関係

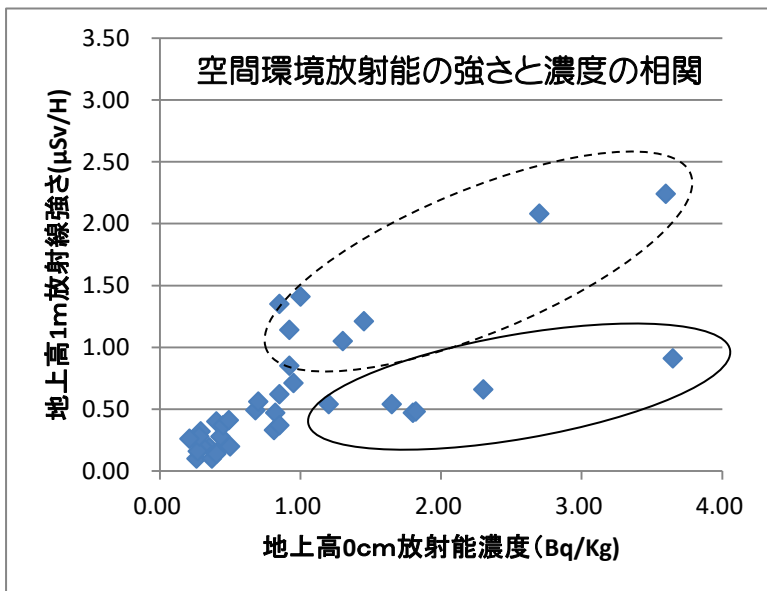
Fig-2の土壌表面の放射能汚染濃度(Bq/cm²)とFig-4及び5で示した、測定高さの違いによる放射線量(μ Sv/H)の関係を、Fig6および7の相関図に置き換えると、外部被ばく量が小さくなる一つの要因関係が裏付けられることが分かります。

Fig-6



	濃度	線量率
濃度	1	
線量率	0.97286	1

Fig-7



	濃度	線量率
濃度	1	
線量率	0.708699	1

Fig-6の地上高0cmにおける放射線(強さ)量と放射能濃度には、相関係数0.97と高い(1:1)の相関関係が認められますが、Fig-7の地上高1mでは相関係数は0.71と小さくなっています、全体では相関の傾斜は緩く、地上高1mでは放射線量(強さ)が低くなる

傾向が示され、放射能濃度のレベル 1Bq/cm² 以上の水準で、相関方向が二つに分かれています。

これは、実線で囲った地区(帰還可能な除染が実施された居住地区)と、点線で囲った地区(除染が不十分な山野地区)に二極化された結果で、

①地表面の放射能濃度が同じレベルでも、周辺空間環境の改善レベルにより空間線量に違いが生まれる。

②今回の調査地点で日常生活の多くを過ごす居住地区を考えれば、山野に比較し「安全安心」のレベルが上がって(外部被ばくのリスクの減少が計れて)いる。

と、いえます。

2. 調査地点に生育する栗における放射性物質吸収の変遷とその影響

1) 栗の放射性物質(Cs134.137)吸収とその生育土壌環境の変遷

Fig-8

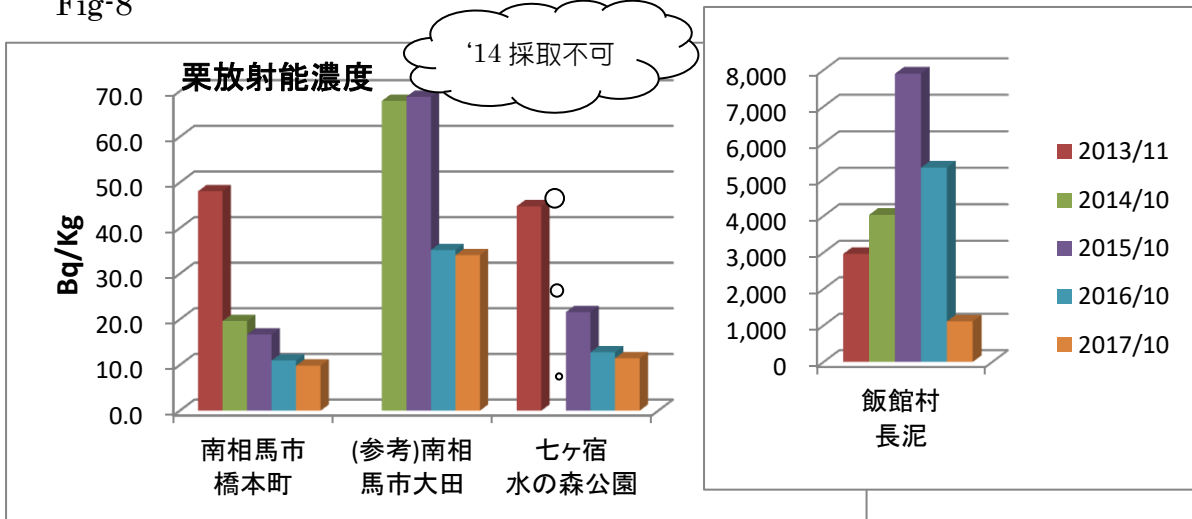
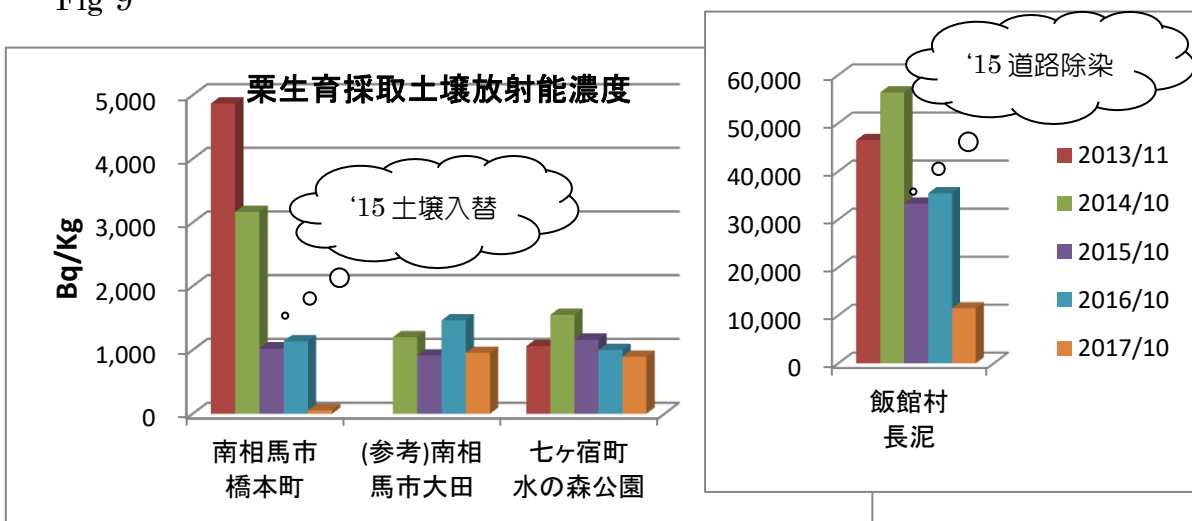


Fig-9



栗に含まれる放射能濃度(Bq/Kg)は、Fig-8 で分かるように経年ごとに確実に減少し、帰還困難地区の長泥を除き、厚生省の示す食品中の許容放射能濃度 100Bq/Kg をクリ

アしています。

飯館村長泥の場合、Fig-9の土壌放射能濃度は経年ごとに減衰する傾向を示していますが、栗に含まれる放射能濃度は注)2015年までは上昇、その後減衰、しかもその減衰量が比較的大きく、これらの変動原因はなにか？現在の時点では解明に至っていません。注)測定値の信頼性は、繰り返し測定により確定されています。

では、生育土壌と栗に含まれる放射能濃度にはどのような相関があるのか？、Fig8及びFig-9と視点を変えて、生育土壌の放射能濃度を1とした時の、栗に含まれる放射能濃度の対比率(%)を各年推移比較としてFig-10にまとめました。

Fig-10 (単位:%)

	南相馬市 橋本町	南相馬市 大田*2)	七ヶ宿 水の森公園	飯館村 長泥*3)
2012年	2.4			
2013年	1.0		4.2	6.4
2014年	0.6	5.7	採取不可	7.1
2015年	1.6	7.5	1.9	23.7
2016年	1.0	2.4	1.3	15.0
2017年	*1) 17.8	3.6	1.3	9.7

*1)今回採取の土壌は、除染により表層を入れ替えたもので、その部位が多く提供された結果、例年より大きな対比率を示したものと考えられます。

*2)の地点は、土壌が低線量汚染であったことから土壌の入れ替えはされていません。

*3)の地点は、高線量地区であり現在も帰還困難地区となっている規制ゲート付近で、栗の根本付近の土壌は手が加わっていません。

Fig-10の結果からは、土壌と栗の対比率傾向から、栗の放射能濃度の吸収について規則性は見いだせませんでした。

規則性の有無の要因については、比較地点土壌の除染の水準や特に市街地付近の地点では日常の環境メンテナンスなどにより、土壌など環境汚染レベルの変動が大きいこと、更には栗の木が生育過程でどのようなメカニズムでセシウムの吸収差を起こすかなど、吸収メカニズムの環境条件の影響などが判明していないことから、現状では特定が難しいものとなっています。

つまり、現状では土壌と栗の実が含む放射能濃度には相関性が認められず、各地域の土壌や栗の木の成長水準の環境により栗の放射能濃度が決まるものと考えられます。

従って、食用に供するには採取された地域ごとに放射能濃度を確認することが「安全安心」を確保するために欠かせません。

2) 栗とドングリの放射能濃度の吸収量の違い

植物の実の違いでセシウムの吸収量にどのような差があるのか？

これまでに、採取地の栗の近辺のドングリを採取し比較してきました。

しかし、いくつかの地点でも不作で採取できない年があり、時系列的な比較は出来ません

が、測定結果を Fig-11 に示します。

Fig-11

(測定単位: Bq/Kg)

	南相馬市太田地区		セヶ宿水の森公園		飯館村長泥	
	栗	ドングリ	栗	ドングリ	栗	ドングリ
2014年	67.9	370.0	*1)		4,030.0	18,060.0
2015年	68.8	363.5	21.6		7,900.0	15,230.0
2016年	35.2	306.0	12.8	120.5	5,324.0	
2017年	34.1	306.4	11.5	28.0	1,109.0	5,546.0

注)どんぐり:セヶ宿、太田地区はナラ系、長泥はクヌギ

*1)各空欄は不作で必要量を採取不可、測定できなかったことを示します。

栗とドングリは種としては同じ属になりますが、Fig-11 ではいずれの地点においても放射能濃度は「栗<ドングリ」の関係にあることが分かります。

同じ属でありながら、いずれの場合もドングリのほうが放射能濃度が高いメカニズムは明らかになりませんが、植物の成長過程とセシウムの吸収メカニズムの違いが大きな要因でないか？今回の調査では、隣接する生育環境となっていることから推定できます。

ここからは、同じ土壌放射能濃度であっても植物の違いにより、吸収される放射能濃度には違いが出るのが分かります。

従って、食用とする場合は、同じ種、属、であっても個体ごとに放射能の影響を把握することが求められます。

3. まとめ

1)福島原発を起点とした高濃度放射能汚染を予測した SPEEDI による北北西方向で、調査時期の 2014 年までは、遠方に行くほど放射能の濃度は低くなる物理的現象を示していましたが、震災より 4 年後の 2015 年より全村避難地区の飯館村を中心に土壌を中心とした汚染環境の除染が実施されたことで、自然減衰と合わせ急速に土壌の汚染が減少、およそ 80Km 圏内の調査地点各地の放射能濃度が一部の地域を除き「安全安心」のレベルまで平準化されていることが調査よりわかりました。

その具体的事象として、2016 年春には飯館村の住民帰還が実現、暮らしの「安全安心」を自治体が認めたことで分かります。

2)放射性物質が人体に影響を与える大きさを示す単位のシーベルト(Sv)、特に人体へ浴びる評価として考える外部被ばく量を考えた時、日常生活の多くを過ごす居住地区(空間)では、そのリスクが極小化され「安全安心」のレベルが高いことが調査よりわかりました。

3)同じ種に属する栗とドングリでも、放射性物質の吸収量に大きな差があることが調査で分かります。

ここからは、採取された場所だけでなく、植物ごとに放射性物質の吸収レベルを検査することが、食品検査として重要であること示しています。

4) 2017 年以降は、除染が各地で概ね終了したことから、自然減衰環境と人為的な生活環境の相互の影響バランスで、放射性物質の減衰の挙動が左右されることになるので、これからが原発事故後の環境における第 3(住民による原状回復への取り組み)ステージと位置づけられます。

これまでに弊所では多くの放射能減衰の傾向をデータとして把握しています、その中で放射性物質の理論的減衰率以上に放射能の変化が大きい事例があり、その多くが生活圏であることが経験的に読み取れます。

この変遷を監視することは「そこに住んでいる人々の生活習慣は放射能を自然減衰以上に低減させることができるのか?」、また「当該環境の中で生活することに新たな課題があるのか?」一つの方向性を示すものになると考えられ、この点に焦点を合わせた調査を継続していきます。

以上