原発事故後 10 年目の秋 SPEEDI 放射性物質拡散予測方向における 環境影響についての一考察

> 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10回目の秋を体験することになります。

この間、未だ帰還復興が実現していない地区もありますが、多くの市町村住民の帰還が実現し、大枠としての「安全安心」は、これまでの多様な復興施策により担保されてきました。

弊所では、2014年から現在に至るまで、原発事故において特に高濃度放射性物質の拡散 方向を北西~北北西と予測した SPEEDI の拡散予測事例における、その終端近傍の宮城県 七ヶ宿町「七ヶ宿ダム自然休養公園(以下七ヶ宿ダム公園)」に至る線上にいくつかの観測地点 を設け、放射能推移と変化を、また起点・高濃度汚染地点・北北西観測最終地点で毎年採取 された栗により、植物の放射性物質吸収による放射能汚染の推移と変化を知ることで原発事故 による放射能災害の影響がどの様に変遷しているか調査を継続してきました。

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」の経過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、参考となる被災基礎データーになるものと考えています。

方 法

Fig-1 A-A 'で示す宮城県七ヶ宿町「七ヶ宿水の森公園」より福島第一原発に至る、線上周辺の9地点を観測地点とし土壌汚染の変遷を調査すること、併せて調査地点で10~11月ごろに収穫される栗の放射能汚染レベルを観測することで、拡散予測地区の土壌汚染と植物の生育過程における放射性物質の取り込み状況を調査、その結果を考察しました。

なお、これらの情報と比較する地点として、調査開始時期には福島第一原発より 20Km 圏内では、住民避難地区として立ち入りが制限されていたことから、20Km 圏内に接続している我々の居住地域の環境を知ることを目的に、A-A'に沿った南相馬市原町区市街地(22~25Km)及び浪江町及び飯舘村で最も高濃度放射線量を示す浪江町津島赤宇木地区と飯舘村長泥地区(北側ゲート)周辺を、比較調査地点として取り上げました。

1.観測地点

Fig-1"調查地点"参照

2. 採取試料

観測地点(1)&(2)(3)で採取した栗の実、および生育地表面 5Cm の土壌

- 3. 観測項目と測定機器
 - 1) 栗及び植栽土壌の試料放射能濃度測定

ウクライナ AKP 社製 Nal(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地表面放射能汚染密度

US Thermo 社製パンケーキ型 GM 多目的サーベィメーター

形式:RedEye20ER

測定単位:Bq/Cm2

②地表面および地上高 1m 空間放射線強度

Japan 堀場製作所製 Csl(TI)シンチレーションサーベィメーター

形式:PA1000

測定単位: μ Sv/H

③地表面放射能汚染度(参考值)

Japan 日立製 GM サーベィメーター

形式:TGS-146 測定単位:CPM

4. 観測結果とその考察

栗が生育する土壌に降下し、含まれる放射性物質の放射能濃度はどの程度か、また 年度ごとにどのような変遷を示しているか、観測してきました。

SPEEDI の予測によると 2011 年 3 月 12 日夕方の福島第一原発 1 号機の水素爆発前後から、放出されていた初期の放射性物質の高濃度プルームが、当時の天候から海側から北西の方向へ移り、双葉町市街地付近を経由し浪江町山間部の大柿~(この間、山峡の国道 114 号線に沿い)津島赤宇木に至り、その後地形に沿い飯館村長泥地区から伊達市方向へと放射線物質プルームは移行したとしています。

津島赤宇木及び長泥地区は、遮蔽地形と当時の天候により放射性物質プルームの停滞等により、降下量が多くなり SPEEDI 予測範囲中でも高線量地区として挙げられることになります。

事実その後の放射線量調査によっても予測が正しかったことが立証され、10年目の秋 を迎えた現在でも、津島及び長泥地区は高線量地区の制限が解除されていません。

以上の視点から、

イ)高線量地区の長泥に自生している栗と生育土壌

ロ)SPEEDI の予測した放射性物質の拡散方向 A-A'先端地域の内、七ヶ宿町水の森公

園内に自生している栗と生育土壌

- ハ)調査地点中最も近い市街地で、一時的避難にとどまった低線量地区の南相馬市原町 区内の2地点(太田藤沼及び橋本町地区)の栗と生育土壌
- を、2013年10月を起点に毎年観測してきました。

1)栗生育土壌の放射能濃度 10 年間の変遷(Fig-2)

- a)イ)高線量地区では、震災後も変わらない日常環境が継続しているロ)及びハ)の低線量地区とでは、共に土壌汚染に減衰の傾向にあるものの、土壌汚染レベルでは一桁も違いのある高い汚染が震災後10年目を経過している現況においても、(汚染土壌管理の境界である値の8,000Bq/kgを上回り)存在し継続していることが判ります。
- b)10 回目の秋を迎えた 2020 年には放出されたセシウムの内 Cs134 の崩壊エネルギーは放出当初のおよそ 3%程度となり、現在検出される放射線量は半減期が 30 年と長い Cs137 が大部分を占めています。

その結果、採取年毎の土壌放射能濃度の Fig-2 グラフ推移は見かけ、上下変動を繰り返している事例もありますが、これは各年の土砂の流入出などによる放射性物質の移動の環境変化やばらつきによるもので、長期的に見れば放射性物質のエネルギー減衰理論に従い、各地の土壌とも緩やかな放射能濃度の減少傾向へと変化しています、この傾向は放射線強度の推移を示した Fig-6 グラフでも裏付けられます。

c)福島第一原発から最も近い地点ハ)と、離れている地点ロ)の 10 年間の放射能濃度レベルと減衰推移の傾向には大きな差異はないことが判ります。

なぜ大きな差異が当初から現れなかったのか、この要因は、福島第一原発に最も近いハ)南相馬市橋本町や太田藤沼が、SPEEDIで予見された高濃度放射性物質プルームの移動ルートから外れていたこと、又その前後に降下した事例はあったものの、天候や地形の影響により放射性物質降下の通過点に過ぎなかった、他方口)七ヶ宿町水の森公園は SPEEDI 予測の北西端で最も遠方に位置していたということで、遠近に関係なく、当時の天候や地形と放出された放射性物質の量と性質によるものと云えます。また、10年間の減衰推移に大きな差異がない要因は、ともに人為的な除染がほとんど加わらず自然減衰によるためと云えます。

d)10 回目の秋までの土壌汚染観測値(Fig-2)と栗の含有放射能濃度(Fig-3)の関係から 土壌汚染 2,000Bq/Kg 以下であれば、栗は厚生省が定めた食品基準 100Bq/Kg を クリアする土壌汚染の再生(生産)分岐点と思われます。

これは最近の南相馬産野菜では菌糸類(キノコ)を除けば、ほぼ制限なく生産販売が可能な事実でも裏付けられます。

e)他方、イ)長泥地区は浪江町と境を接する山間(山林)地区にあり、その地形的要因から高線量地区となり、また同じ要因から10年を経過する現在においても除染が困難で、進まない、また、いまだ高線量ということは残留放射性物質のの多くは半減期の長いCs137ということで減衰レベルが小さいことにあり、結果、線量低下が望めない地区の一つとされています。

山間部の復帰は、その地形環境の性質から除染は極めて難しいのが実態であり、原発事故後の生活拠点(牧場や畜産・養鶏・山林産業)と、どのように付き合っていくか、 忘れられつつある東日本大震災からの復興への正念場を・・・・「10年ひと昔」・・・・今、 迎えていると思います。

2) 栗への放射性物質含有濃度 10 年間の変遷(Fig-3)

a)観測地点土壌汚染と栗の放射能汚染の変遷には、高濃度と低濃度汚染地の吸収量の違いは土壌汚染濃度のレベルと樹木の吸収する放射性物質の量とは相関関係があることはグラフから分かります。しかし、吸収量が比例するものではなく、それぞれの観測地点における土壌汚染と栗が吸収した放射能汚染の程度、これは、それぞれの木の成長期間や各樹木の養分吸収のプロセス構造の差、生育地の環境によって、それぞれの結果であると思えます。

降下した放射性物質の樹木の木肌への付着や緑葉や落葉そして土壌、樹木の養分 吸収のプロセスにおける放射性物質の多寡における吸収メカニズム、について調査を 加えることは出来ませんでした。

- b)一方、福島第一原発に近いい)橋本町および太田藤沼と最も遠方にあるロ)七ヶ宿の栗は、共に 10 年間低レベル放射能濃度でしかも減衰の推移も、類似の穏やかな変化を示していることが判ります。また、規則性は弱いものの Fig-2 土壌の汚染レベルのグラフとの比較で 2,000Bq/Kg 以下の土壌では栗の安全性の傾向が確かめられると推定できます。
- c)イ)長泥の栗の放射能濃度の高さから、樹木が吸収した放射性物質は成長の先端にある栗の実へ集中する傾向のあることが、土壌と栗の汚染グラフの比率で推定できます。 但し、この現象の程度は、前述した樹木の成長の差異によりばらつくことも予見でき、放射性物質吸収の規則性を判断できません。

以上の理由から、被害を受けた栗の食についての安全性の判断は、最低でも地域ご とに測定することが 10 年を経た現在においても望ましいことが判ります。

3)観測地点の放射能汚染密度 10 年間の変遷(Fig-4)

- a)北西方向 A-A'線上にある①から⑨の地点は 10 年目に至る現在まで、距離に反比例して汚染密度の高さが観測され、大きな減衰を示している時期は人為的な除染などの作業があったことを示したほかは、自然減衰の時期はどの地点においても緩やかな傾向を経過している共通点が認められます。
 - ⑥から⑨に至る地点は阿武隈山塊中で、地理的に放射性物質のプルームの移動が不連続となり、⑥では霊山の絶壁に阻まれることで、放射性物質の降下量が多くなり、以降の地点との分岐点となり、放射能汚染密度の境界になったと推定されます。

その結果、グラフに示されたように③から⑤の霊山麓から平野部に下る地形となっている地点は汚染密度が下がり、、③の地点では放射性物質のプルームは、更に奥羽山脈に隔てられ、①②では汚染密度が更に下がるなど、天候と地形が汚染に密接に関与

してきたことが判る推移となっています。

この傾向は除染の限界から、(人知は自然を越えられない)変わることのないものとなっています。

- b)福島第一原発から30Km圏内で北方にある⑫⑬は、最も近い地点にあったにも関わらず汚染密度は高くなく、SPEEDIの放射性物質プルーム初期移動の範囲から外れ、その後も一時的な放射線量の上昇は認められましたが、沿岸部地形から放射性物質プルームの通過地点に留まり、比較的低線量に留まった為と思われます。
- c)福島第一原発から最も近い浪江町赤宇木及び飯館村長泥は、10年目を経過している現在も住民が帰還できる目途は立っていません。

この二地点は、赤宇木と峠を一つ隔てた長泥という隣り合った山間(山林)の盆地という共通点から、放射性物質プルームの滞留が起きたもので、山間(山林)という環境から、環境除染が困難であること、また過疎地であることも重なり自然減衰に頼ざるを得ない状況に至っている経緯があります。

これら山間=山林地も、放射性物質の降下は地表面にとどまらず、葉や樹皮すきまへの滞留・落葉・雑草根など等、あらゆる山資源に降下定着し、更に 10 年を経過する中で広大な山林の間伐などの管理がされず、放置され荒廃による汚染樹木の定着など地形環境的に、人為的・物理的な放射性物質の除去、原状復帰が難しいことが理由にあげられます。

今後も住民帰還に向けた生活環境の原状復帰事業は継続されると思われますが、 これらの背景から、実態は拠点回復に留まり、山林地区は自然減衰を待つことになると 思われます。

d)前述の観測地点の現状から、同様の環境条件にある阿武隈山地においてはこれまで経営されていた牧畜や養鶏、林業など、あえて人里から隔離されている場所で経営されていた産業は、10年を経過した現在以降も再開は難しいことが判ります。

10年を経た現在の残留放射性物質のエネルギーは半減期が約30年と長いCs137が占めることと、現在の観測値から予見される今後自然回復のみによる原状回復を考えた時、100年以上の期間を必要とする現実と、どのように対するか、10年ひと昔を区切りと考えた時、いま地域の経済再生の将来と住民の帰還居住に世代間の葛藤と決断が迫られています。

4)観測地点の放射線強度(空間放射線量)10年間の変遷(Fig-5&6)

a)放射能汚染密度 (Bq/Cm2) と人体に影響を与える放射線エネルギー強度を表す放射線強度 ($\mu Sv/H$)の関係は相関関係にあります。特に土壌表面の放射能の影響は Fig-4 と Fig-6 で比較できます。

いずれの観測地点においても2014年より放射線強度は緩やかな減衰を示しています。

これは、放出された主要な放射性物質の Cs の放出比率と減衰半減期に大きな関係があり、その放出比率は原子力規制委員会の報告では、

「Cs134(半減期 2 年): Cs137(30 年)=ほぼ 1:1」と予測しています。 事実その後の減衰の経年変化をみるとこれを裏付けています。

このことは、早いうちに大きな放射線量の減衰があることを示し、事実事故後4年後には理論残存率で示されたほぼ50%まで減衰して、元来被害の小さかった福島第一原発より20Km圏外の低線量地区では、早くから更に原状復帰への生活環境を取り戻す「安全安心感」を高めることができました。

b)他方、10年後に至っても、放射線量が依然高く居住に欠かせない生活空間の確保が 困難な山間部(長泥・津島赤宇木地区)では、現在は残留放射性物質の多くが Cs137 で、今後の放射能汚染は緩やかな減衰になります。

今回の調査でも土壌や栗に含まれる放射能汚染はいまだ高く、帰還居住や生活に欠かせない農作業、事業経済環境などは、新たな発想で帰還環境と居住の体制を構築することでしか、実現できないと判断され現在環境省を中心に新たな再興への試みが 10 年目にしてスタートしています。

c)原発事故から4年後以降は、2015~2017年にかけて福島第一原発周辺の避難地域市町村の平野部地域を中心に、除染や社会環境整備を経て帰還が実現しています。

原発事故当初から避難をしない(①~⑥)、また長期避難を避けられた地区(⑫~⑬) と、前述した長期避難地区の帰還実現(⑦~⑨)、そして 10 年を経過した現在も帰還が 実現しない避難地区(⑩~⑪)、と放射線量の変遷分布になっていましたが、除染など 社会環境の復帰につながる除染などの復興事業の進捗に伴い、10 年を経過して現在 でも山間部は実現していませんが、広範囲に日常の生活環境が復帰しています。

d)空間放射線量のグラフは地表面と地表面より1mの高さによる観測を実施してきました。 両者の観測値は地表面≤地表面より1mとなっていますが、身体に影響を与えるとされ る外部被ばく線量は、これまでの調査から地表面1mの放射線量から40~60%程度と 云われています。事実、弊所の調査においても同様な傾向でこれを裏付けています。

理論的には、ここから「安全安心」を評価し、復興への手掛かりとしていますが、2017年には山間(山林)地区の長泥・赤宇木地区を除いて、除染などの復興事業を経て2017年には帰還が実現しています。

e)原発事故から10年を経過しても、なお樹木やその実そしてその供給元となっている、土 壌汚染が存在する限り、この事実は今後世紀に渡り否応なく継続していくことになりま す。

有ってはならない経験を、今多くの人々が経験しており、その影響の多くは復興事業や医療活動、更には現状分析などから「将来にわたる安全安心」を担保しつつあるとされています。

いわば未知の体験を、理論と事故後の健康調査や現地調査の結果、またいくつかの海外の同様な原子力災害を参考にして復興への政策や社会活動が進められている訳です。

一方、2011年3月11日、これまでの原子力政策の信頼が一挙に崩れ、個々人の生活被害の大きさから、復興への安全安心の歩みへの不信感は根強いものがあります。

また、浜通りの地方再生には、農業や漁業など一次産業は欠かせません。

「安全安心」の帳尻を、今後どの世代がどの様に合わせていくのか、長かったこれまでの復興期から成長期、繁栄期に至る数世代にわたる挑戦の歩みに期待したいと思います。

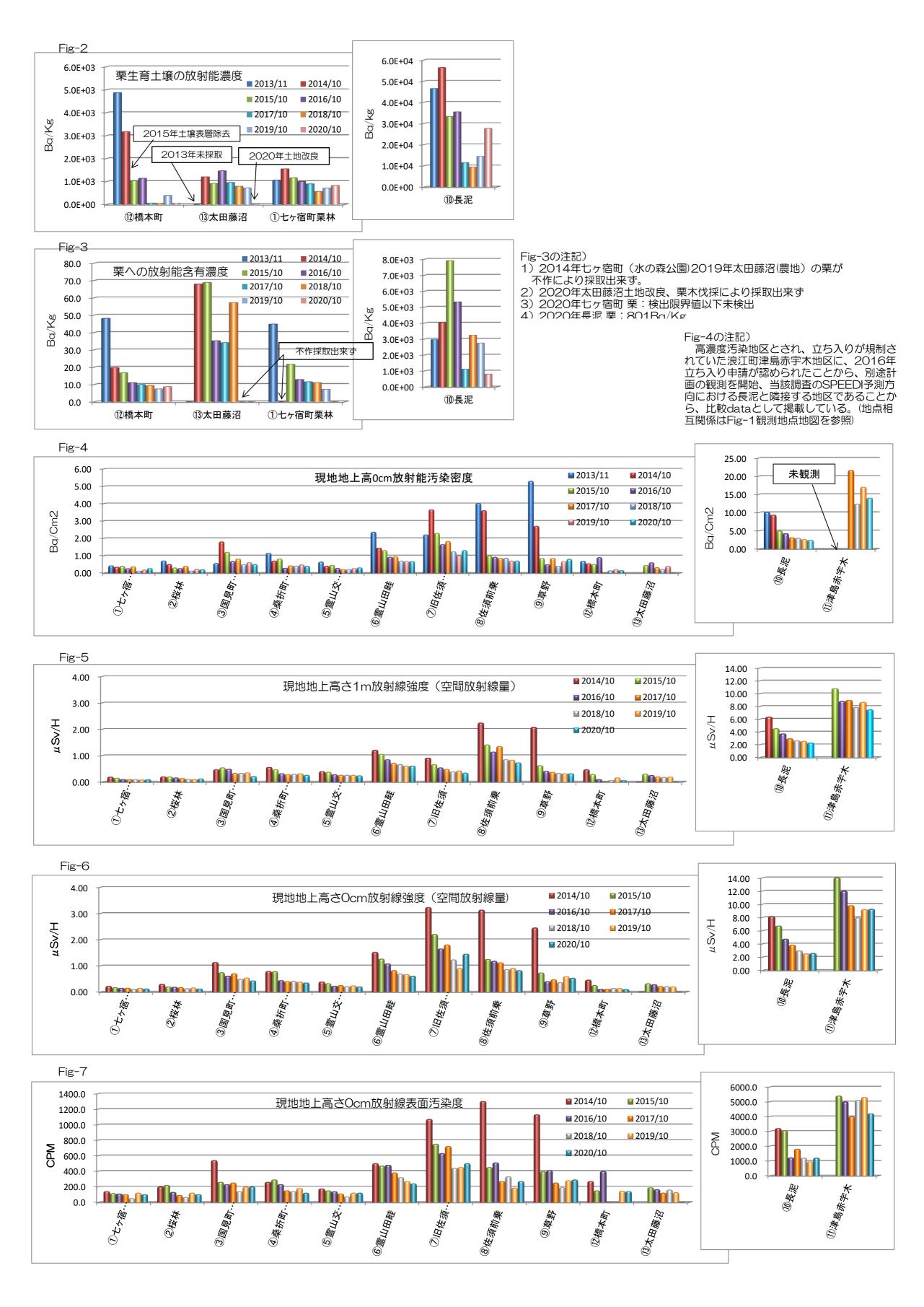
まとめ

1) 今回の栗とその生育土壌の放射能汚染調査の過程では、生育土壌から樹木が吸収した放射性物質と栗が吸収した放射性物質の量の比に、相関や規則性は認められませんでした。

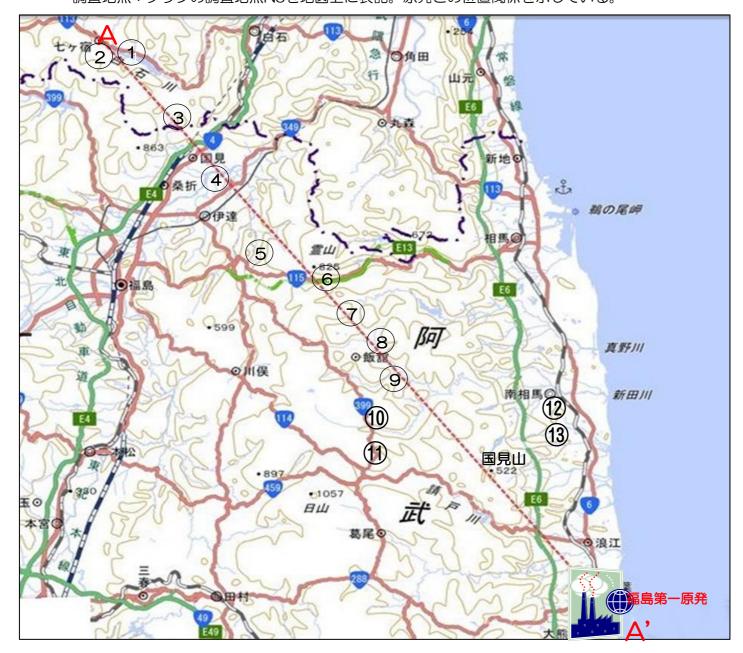
但し、採取地点が少ないことなどから概要的に 10 年間の観測値から、その傾向を見た場合、その吸収比は栗の実:生育土壌=およそ 1:10 程度ではないかと Fig-2&3 から推定されますが、規則性が認められないことから食品となる植物は安心安全を確認するためには、産地ごと、植物ごとの直接検査による実績積み上げが望まれます。

- 2) 福島第一原発事故によって放出された放射性物質のプルームの通過する地点の地形によって、滞留する放射性物質の降下量に大きな差異が生まれ、更にはその地点の自然環境(広大な山林地区)が加わることで、これまで10年という長い時間を経過した復興事業などにおいても、山林地区の放射性物質を取り除く大きな障害となっていることが、Fig-4~7グラフの観測値が他の地点より高い推移から分かります。
- 3)2013年~2015年にかけてFig4~7グラフで大きく減衰しているポイントは、除染など復興事業による人為的改善の結果で(長泥及び赤宇木を除く)、帰還が許容された地点でも、他と比較して放射線量が高い地点では、住民の不安が解消されず、また避難先の利便性との比較などから、進まない実態が10年を経過した現在も存在します。

以上



調査地点:グラフの調査地点Noを地図上に表記。原発との位置関係を示している。



	調査地点の詳細位置	
地点No	グラフの地点表示	地点詳細
1	七ヶ宿町 公 園栗林 約80Km	七ヶ宿町水の森公園地内の栗林
2	桜林 約80Km	七ヶ宿町水の森公園地内の桜林
3	国見町小坂峠 約70Km	国見町小坂峠頂上の県境付近
4	桑折町衛生センター 約65Km	阿武隈川沿い衛生センター正門脇
(5)	霊山町交差点 約55Km	国道R115霊山町市街入口交差点
6	霊山町川面地区 約50Km	牧場のジャージー店脇の田畔
7	旧佐須小学校前 約45Km	飯館村旧佐須小前の石碑脇
8	佐須前乗 約43Km	県道R31飯館村佐須案内標識下
9	草野 約40Km	飯館村市街地入口交差点脇
10	長泥 約35Km	国道399飯館村長泥北广-ト付近
11)	津島赤宇木 約30Km	国道399浪江/飯館境界ゲート手前
12	橋本町 約24Km	南相馬市原町区橋本町 (野馬追祭場地付近)
13)	太田藤沼 約21Km	南相馬市原町区下太田藤沼畑地

注1)A-A'鎖線:SPEEDIの予測した福島第一原発事故に

よる、3/12高線量な放射性核物質の主要な放出拡散 方向を示している。 従って、実際の放射線量分布を表しているもので

なく、その後の実際の拡散は断続した放出により全方

注2)上表「グラフの地点表示」欄に示す距離は、福島 第一原発からのおおよその直線距離