

寄稿

福島第一原発事故による放射性物質汚染の報告、 2022年

—継続調査地域(本宮市・蓬田岳・高柴山)の空間線量率—

千葉 茂樹*¹

【要約】 2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴い福島第一原子力発電所で事故が発生した。この事故により東日本は放射性物質に濃厚に汚染された。著者は、2011年から放射性物質の汚染調査を継続的に行っており、本論では、2022年に行った福島県の本宮市・蓬田岳・高柴山の調査結果を報告する。測定器は日立アロカ製TCS-171であり、地上1 mの空間線量率を測定した。本宮市の調査は、区域が市の中心部、期間が2022年12月～2023年2月の延べ22日であった。測定地点数は2,717で、空間線量率の範囲は0.07～1.06 $\mu\text{Sv/h}$ 、平均値は0.19 $\mu\text{Sv/h}$ であった。測定値を区分すると、0.20 $\mu\text{Sv/h}$ 未満が1,788地点(65.8%)、0.50 $\mu\text{Sv/h}$ 以上が25地点(0.86%)、1.00 $\mu\text{Sv/h}$ 以上が2地点(0.07%)であった。蓬田岳の調査は、区域が登山道、調査日が2022年7月8日であった。測定地点数は129、空間線量率の範囲は0.08～1.22 $\mu\text{Sv/h}$ 、平均値は0.26 $\mu\text{Sv/h}$ であった。高柴山の調査は、区域が登山道と林道、調査日が2022年5月12日であった。測定地点数は205、空間線量率の範囲は0.06～0.41 $\mu\text{Sv/h}$ 、平均値は0.15 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、空間線量率、本宮市、蓬田岳、高柴山



1. はじめに

著者は、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故(以下、福島原発事故)以降、放射性物質汚染の調査を行っており、その結果は毎年報告してきた(表1)。以下は、2022年の調査結果である。

なお、本論の記載内容、特に調査結果は著者のオリジナルデータである。しかし、福島原発事故以降、毎年、報告してきたことから、調査データと考察以外の部分は、過去の報告と共通する部分が多い。この点をご了解いただきたい。

(1) 調査の背景

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震に伴い福島第一原子力発電所で事故が発生した。著者の居住地であった福島市渡利字岩崎町(福島県庁から東約2 km)も放射性物質に濃厚に汚染された(図1)¹⁾。公表されたデータによれば、福島市は、3月15日18時40分に空間線量率24.24 $\mu\text{Sv/h}$ に達した²⁾。著者は、自宅周辺の自然環境の変化や自身の身体的な異変³⁾から、調査の必要性を痛感した。しかし、当時は放射線測定器の入手が極めて困難であったため、放射線測定器の入手と並行して、

2023年11月6日受付 2023年12月11日受理

*Corresponding author : E-mail: s.chiba@vesta.ocn.ne.jp

¹福島自然環境研究室(〒969-3141 福島県耶麻郡猪苗代町大字磐里字村東4-3)

2011年4～5月に福島県立医科大学付属図書館に通い、放射線学の専門書を熟読し知識を身につけた³⁾。2011年6月中旬になり、何とか放射線測定器を購入することができた。放射線測定器を試運転しその特性を一通り理解した後に、放射性物質汚染の調査を開始した。なお、著者の専門は磐梯火山の火山灰層序学・火山地質学・火山岩岩石学であり、福島原発事故当時は放射線学については全くの素人であった。

(2) 調査目的

当初の調査目的は、福島原発事故による放射性物質の汚染を調査し、地域毎の「空間線量率分布図の作成」であった。その後も継続的に調査を行ってきたことから、調査地域のデータが蓄積され、目的に「経年変化の記録」も追加した。さらに、2011年からの調査記録を整理すると、自然と人間のかかわりの程度によって、放射性物質の残留に特徴があることが分かってきた。このため、人間活動が活発である「都市地域」と自然が中心の「山

表1 著者関連の2011～2022年の調査地域と報告書

調査年	調査地域	文献
2011年	中通り北部・渡利・平田村・蓬田岳	3～6)
2012年	本宮市・平田村・蓬田岳	3, 4, 6, 7)
2013年	高柴山・郡山市中心部・蓬田岳	4, 5)
2014年	本宮市・蓬田岳・郡山市北部	4, 7, 8)
2015年	本宮市・蓬田岳・二本松市南部	8, 9)
2016年	本宮市・蓬田岳・郡山市IC付近	9～11)
2017年	本宮市・蓬田岳・小倉寺～弁天山	11～13)
2018年	本宮市・蓬田岳・高松山・芝山	13, 14)
2019年	本宮市・蓬田岳・高柴山・二本松市	15, 16)
2020年	本宮市・蓬田岳・高柴山	17)
2021年	本宮市・蓬田岳・高柴山	18)
2022年	本宮市・蓬田岳・高柴山	本論

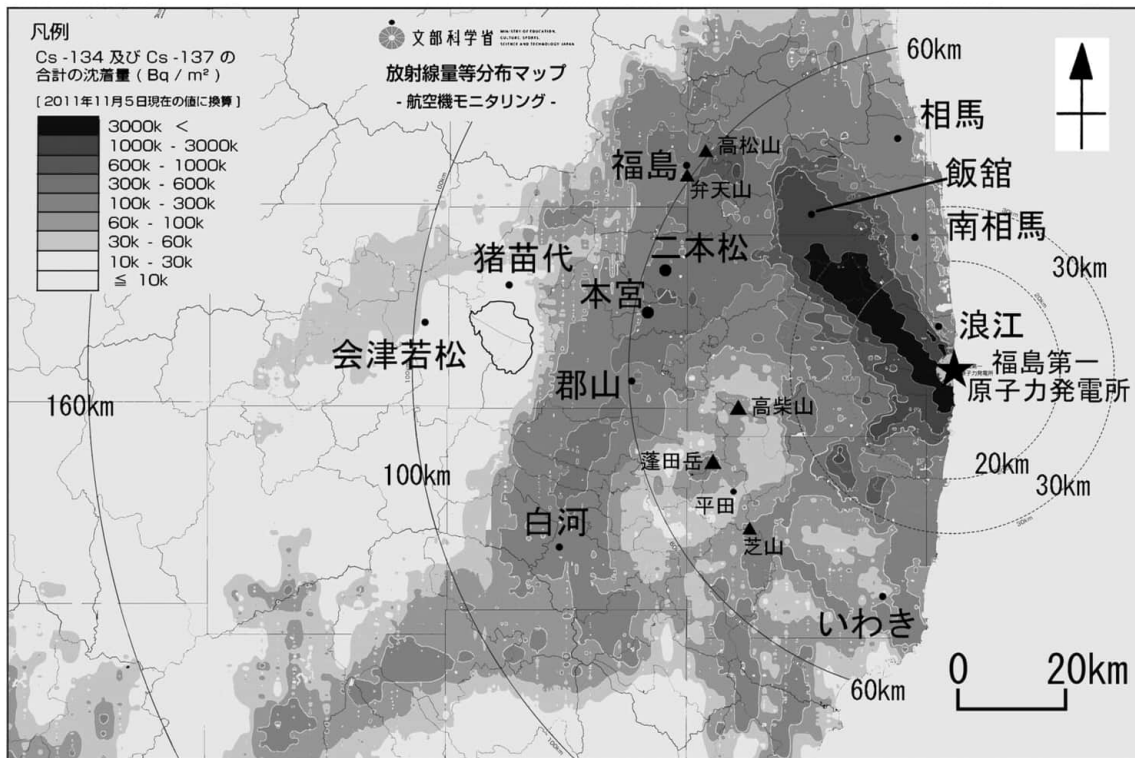


図1 福島第一原発事故による放射性物質の汚染地図と著者の調査地
文部科学省放射線等分布マップー航空機モニタリングー(2011.11.5)から抜粋した地図に、地名等を書き入れた。

岳地域」に分けて記録を残すこととした⁴⁾。以上から、本論も、基本は「空間線量率分布図の作成」と「経年変化の記録」であるが、項目としては「都市地域」の本宮市と、「山岳地域」の蓬田岳と高柴山に分けて記載している。さらに、調査の中に、新たな事象を発見することがあり、上記とは別に報告してきた。その一つが、高柴山の「楯状高放射線土」³⁻⁵⁾である。

なお、「経年変化の記録」は、自然界での推移を基軸とするが、地上には人間が住んでおり、多少なりとも自然と人間との関りがあることをご了解いただきたい。しかし、人間が全面的にかかわると福島原発事故による放射性物質の経年変化の記録が途絶する。このため、本宮市で見られるような規模の大きい行為、すなわち住宅造成地などでは調査を行わなかった。

(3) 福島原発事故後からの調査記録

表1に福島原発事故調査に関する著者関連の論文・報告書の一覧を示した³⁻¹⁸⁾。なお、著者関連の論文・報告書等は、京都大学名誉教授吉田英生氏のWebサイト¹⁹⁾に一覧がありリンク等がなされている。

(4) 調査で使用した放射線測定器

調査で使用した放射線測定器は、肩掛け式の「日立アロカ(現:日本レイテック)製TCS-171」である。TCS-171は、2022年3月1日にMEASURE WORKS株式会社大阪校正センターで点検を行った。なお、TCS-171は、公的機関で空間線量率の測定に使用しているTCS-172Bと基本性能は全く同じである。

また、蓬田岳の調査では、2020年までRAE Systems(現:Honeywell)製GammaRAE II R(現在は廃番)を使用した。GammaRAE II Rは、野外において、TCS-171とほぼ同じ値を表示する^{15,16)}。両者の特徴を記すと、TCS-171は高感度²⁰⁾で、時定数の切り換えができ、時定数3秒では線量率の急変に対して鋭敏に反応する。これに対し、GammaRAE II Rの線量率の表示は移動平均値のみで、線量率の急変には鈍感である。もう一つの違いは、耐衝撃性能である。GammaRAE II Rは耐衝撃性能が極めて高い²¹⁾。しかし、TCS-171のプロープ(シンチレーター)は耐衝撃性能が極めて低く、著者は高さ30~50 cmから落下させて2度壊した。

蓬田岳は岩場が多く、この耐衝撃性能の問題から、2013~2020年の調査ではGammaRAE II Rを使用した。ところが、2020年の調査で、GammaRAE II Rの表示値に疑問を感じた。毎年の調査データから見て高線量率が予想される地点で、GammaRAE II Rの表示値はほとんど変化しなかったのである。この事実から、GammaRAE II Rの表示値=移動平均値の中に、局所的な高線量率の地点が埋没する可能性すなわち見落す危険性を感じた。このため、TCS-171のプロープを破損の危険にさらすが、2021年の調査から測定器をTCS-171に切り替えた。

(5) 調査の方法

調査方法は基本的に毎年ほぼ同じである。

a) 測定方法

空間線量率を2次元的に測定する方法は、大別して地上測定と航空測定がある。更に、地上測定の手段は、徒歩や自動車、自動二輪車、自転車などがある²²⁾。福島原発事故以降、自動車や自動二輪車に測定器を搭載し、空間線量率を自動的に測定する方法の開発が進んでいる²³⁾。しかし、航空測定では高度の関係で解像度が低い。自動車や自動二輪車、自転車による自動測定では道路しか測定できないなどの制約がある。さらに高速移動をするため見落としが生じやすい。このため、本論の測定方法は、より制約・見落としの少ない「徒歩」で、測定位置は「地上1 m」とした。

本調査における空間線量率の測定方法は、基本的に「学校等における放射線測定の手引き」²⁴⁾に準じた。また、福島原発事故で放出された放射性セシウムは、セシウム134とセシウム137がほぼ1:1である²⁵⁾。さらに、それぞれの半減期が約2.1年と約30年であり、2022年の放射能は2011年当時の1/4程度になった²⁵⁾。なお、測定は厳密には時定数を30秒にし90秒程度静止して表示値を読み取るのが理想である。しかし、この方法では測定に時間がかかりすぎて現実的ではない。

最近の野外の実測では、測定器の表示値の振れ幅が小さくなった。この原因は、放射性セシウムの放射能が低下し、また公的な除染²⁶⁾により放射線源も少なくなったためと考えられる。この状況を基に、調査では時定数を3秒として約10秒静止し表示値の中間値を読み取った。しかし、一部の場所では表示値の振れ幅が大きいこともある。こ

の場合は、時定数を10秒として約30秒間静止し中間値を読み取った。それでも表示値が安定しない場合は、時定数を30秒として60秒間静止し表示値を読み取った。

b) 測定地点の間隔と問題点

測定地点の間隔は、基本的に5mとした。しかし、野外調査では色々な要因により原則通りには行えない。以下、その理由を都市部と山岳部に分けて記述する。

都市部の場合、道路や公園以外は個人所有地が多く、測定は基本的に道路となる。道路は、素材がアスファルトやコンクリートや土など、区分が車道や歩道など、さらに街路樹などの付属物があり、構成物が均一ではなく、放射性物質の付着・残留も一様ではない。このため、測定間隔5mの中間でも、空間線量率が変化する場合がある。その場合、その地点で測定することになる。この他に、道路以外の測定可能な場所、例えば公園や空き地などでも測定を行った。このように、現場の状況に合わせて測定している。

山岳部の場合、基本的に林道や登山道を測定した。ほとんどが傾斜地であり、斜面で5m間隔で測定しても、平面の地図上では5m間隔にはならない。また、道は細かく屈曲している。さらに、楯状高放射線土³⁻⁵⁾のような特異点も存在し、空間線量率が急変するため、そこで測定することとなる。別の問題は、地図上の林道および登山道の記載が極めて不正確なことである。蓬田岳では、登山道の屈曲が正確に記載されていない上に、測定の日印となる目標物が少ない。高柴山の場合はさらに深刻で、登山道の記載がなく、林道の記載も著しく不正確である。このため、2013年の調査から著者自身が林道および登山道の簡易測量を行った。さらに調査のたびに修正を行っている。以上のように、山岳部でも、状況に合わせて測定している。

(6) 公的な除染

汚染状況重点調査地域(除染実施区域)の除染(住宅・公共施設・道路・農地・森林(生活圏))は、2018年3月に完了した²⁷⁾。本宮市はこの中に含まれる。また、除染の目標を「長期的な目標として追加ばく線量が年間1ミリシーベルト以下」(原文)としている²⁸⁾。1mSv/yは、1時間当りに換算すると0.23μSv/hになる²⁹⁾。

なお、蓬田岳・高柴山は汚染状況重点調査地域(除染実施区域)に含まれない²⁷⁾ので、公的な除染

は行われていない。

(7) 用語

本論では、地上1mの線量率に対して「空間線量率」、地面あるいは物体表面の線量率に対して「表面線量率」を使用した。また、「高い」「低い」の用語は線量率と地形に共通するので、単に「高い」「低い」と記載した場合は線量率を指す事とし、地形の場合には「地形」「標高」等の用語を付加する事とした。

(8) 空間線量率の分布図の凡例

凡例に示す線量率の区分は、基本的にそれぞれの調査地域で「調査開始年に使用した線量率の区分」をそのまま使用している。これは経年変化の比較のためである。しかし、調査時において福島原発事故から11年が経ち、降下した放射性物質の放射能が約1/4に減衰した²⁵⁾ことから、空間線量率の高い地点が減少し、線量率区分が実態に合わなくなってきた。このため、本宮市に限り、公的な除染を期に、2016年に線量率区分を変更した。

2. 本宮市中心部の空間線量率

2022年の調査は2022年12月から2023年2月までの22日間行った。

また、公的な除染は、著者の2015年と2016年の調査の間に実施された。なお、公的除染は調査地域「全体」におよぶ放射性物質の除去作業であり「局所的なものではない」ことから、2016年以降も継続調査を行っている。

図2に、福島原発事故以降の住宅造成地を「深緑色」で示した。本宮市は、福島原発事故以降、太平洋沿岸地域からの移住者が多く、調査区域でも住宅造成が多くの場所で行われている。住宅造成では地面を剥取るため、福島原発事故で降下した放射性物質が除去されることになる。このため、住宅造成は「局所的な除染」となり、本調査の目的から外れるので、住宅造成後の調査は行っていない。また、このような場所では、実際に測定しても自然放射線程度しか検出されない。

(1) 地形

本宮市の中心部は、阿武隈川の西側の低地に位置する(図2)。調査区域は、本宮市中心部の南西部である。また、調査区域の南西側、面積にして約4分の1が丘陵である。地形は、南西域が高く(標高236m)、北東域が低い(標高210m)。

本宮市中心部の空間線量率 2022 γ 線 地上1m

測定日：2022/12/08. 09. 12. 13. 16. 23. 26. 27

2023/01/06. 12. 13. 15. 17. 18. 19. 20. 23. 27. 02/01. 04. 05. 06

機材：日立 TCS-171 測定方法：徒歩 測定者：千葉茂樹（福島自然環境研究室）

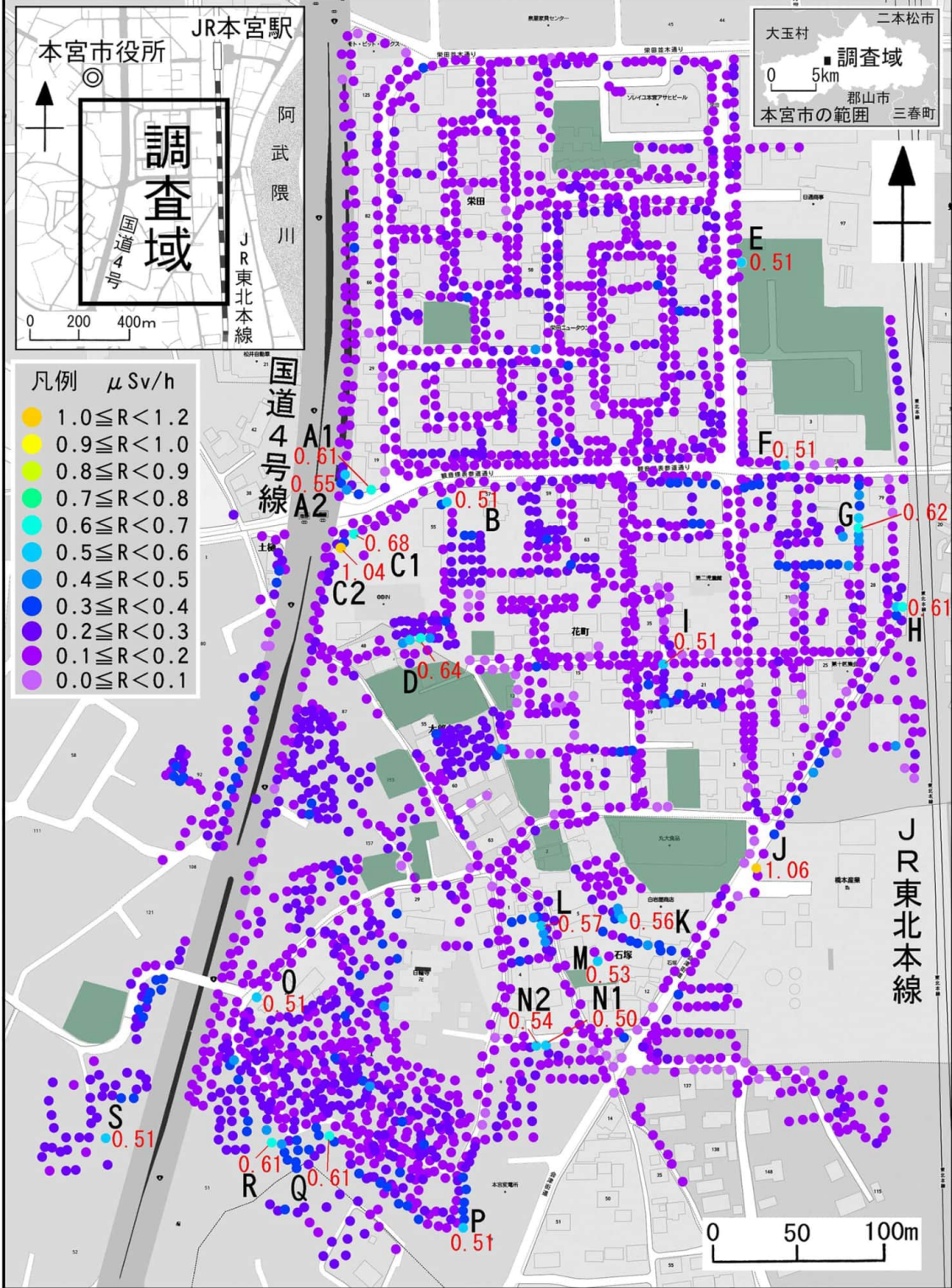


図2 本宮市中心部の空間線量率の分布図(2022)

(2) 調査結果

調査日は2022年12月8～27日、2023年1月6～27日、2月1～日の22日間、空間線量率の測定器はTCS-171、測定位置は地上1 m、測定地点数は2,717である。

調査区域の空間線量率(地上1 m)の範囲は0.07～1.06 $\mu\text{Sv/h}$ で、平均値は0.19 $\mu\text{Sv/h}$ であった。測定値を区分すると、0.20 $\mu\text{Sv/h}$ 未満の地点数が1,788 (65.8%)、0.50 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点数が25 (0.86%)であった。1.00 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点は、C2 (1.05 $\mu\text{Sv/h}$)、J (1.06 $\mu\text{Sv/h}$)の2点(0.07%)であった(図2、図3)。

空間線量率が0.50 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点(A～S)の位置と産状を以下に示す。

a) A地点(A1 : 0.61 $\mu\text{Sv/h}$ 、A2 : 0.55 $\mu\text{Sv/h}$)

A地点は、国道4号線の交差点の北東部である。交差点は高位にあり、北東側は下り斜面で、斜面下に自動車整備工場がある。A地点は、斜面と自動車整備工場敷地との境である。このうちA1地点は、自動車整備工場の南側である。なお、2021年は0.64 $\mu\text{Sv/h}$ であった。2021年に0.86 $\mu\text{Sv/h}$ を計測した地点は、A1地点の東側約5 mにあり、2022年も同一付近を計測したが約0.4 $\mu\text{Sv/h}$ 台で、周囲に比べ特に高線量率ではなかった。A2地点は、自動車整備工場の南西側である。なお、2021年は0.48 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

b) B地点(0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

B地点は幅約2.5 mの草の生えた農道にある。B地点の北側には東西に走るアスファルトの道があり、農道とは丁字路で接する。丁字路からB地点までは緩い下り坂で、丁字路から約8 m南、農道の中央がB地点である。2021年は0.62 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

c) C地点(C1 : 0.68 $\mu\text{Sv/h}$ 、C2 : 1.04 $\mu\text{Sv/h}$)

C地点は、広い駐車場の北西端の草の斜面にある。駐車場の西側には、高位置に南北に走る国道4号線があり、落差が約10 mの斜面で接する。C1地点は駐車場の面から約1 m上にあり、0.68 $\mu\text{Sv/h}$ であった。2021年は0.90 $\mu\text{Sv/h}$ であった。C2地点は、C1地点の南西約6 m、駐車場の面から約50 cm上にあり、1.04 $\mu\text{Sv/h}$ であった。2021年の測定値は1.05 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

d) D地点(0.64 $\mu\text{Sv/h}$)

D地点は、耕作放棄地の中を西から東に流れる水路の北岸にある。水路は、水流部分で幅約50 cm長さ約30 mである。D地点は、水路の西端から東約20 mの北岸にある。ここには、水が溢れ出た痕跡がある。2021年の測定値は0.71 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

e) E地点(0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

この付近は、現在は住宅造成地になっているが、原発事故当時は砂利の駐車場であった。住宅造成地は道路より約50 cm高く、境界は斜面となって

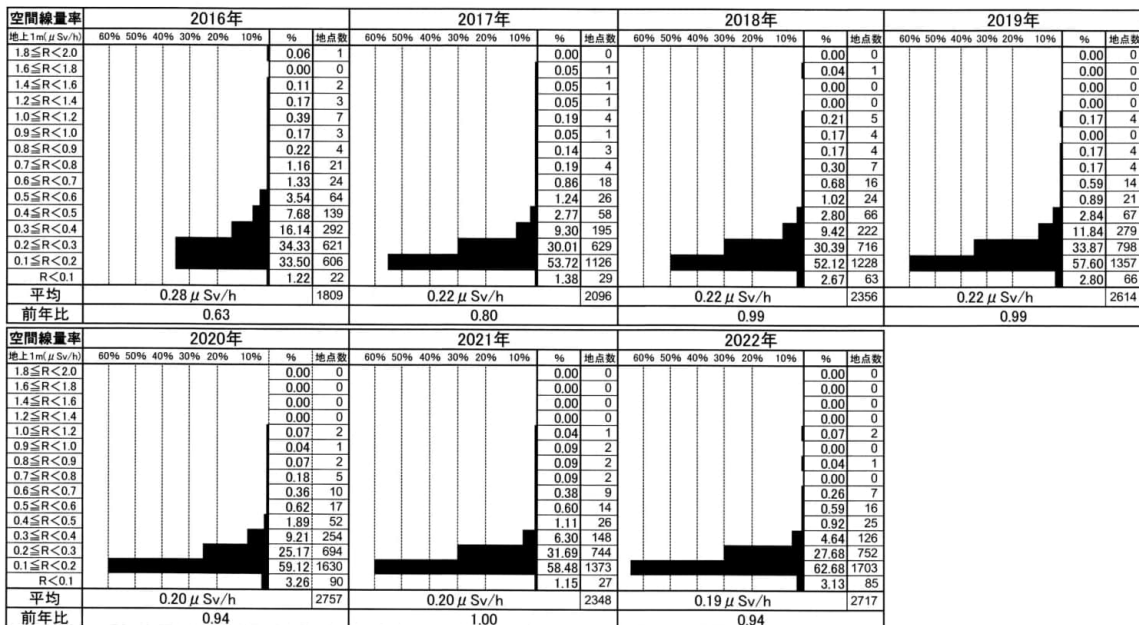


図3 本市市中心部の2016～2022年の空間線量率の推移

いる。E地点はこの斜面で、この部分だけは2011年当時のままである。2021年の測定値は0.41 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

f) F地点 (0.51 Sv/h)

F地点は、道路に面した古い空き家と道路の境界付近である。道路は約60 cm高く、空き家には雨水が道路から流れ込む。2021年の測定値は0.50 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

g) G地点 (0.62 $\mu\text{Sv/h}$)

G地点は、アスファルト駐車場東端の南北に走る側溝にある。側溝は、南北約50 mの長さで、幅約20 cm深さ約20 cmである。側溝の西側には、順にアスファルト駐車場と集合住宅群がある。この駐車場は緩やかな東傾斜すなわち側溝側に傾いており、さらに側溝に接する幅約50 cmの帯状の部分は下り約45度の傾斜となっている。側溝は駐車場の面より約50 cm低い。この南北に続く側溝全域で空間線量率が高く0.22~0.62 $\mu\text{Sv/h}$ である。G地点は、側溝北端から約35 m南である。2021年の測定値は0.71 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

h) H地点 (0.61 $\mu\text{Sv/h}$)

H地点は、会津街道がJRの線路と接する場所にある。ここにはコンクリートの建物があり地下歩道出入口となっている。この建物の北東側の軒下がH地点である。2021年の測定値は0.60 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

i) I地点 (0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

I地点は、東西に走る道路の南側で、西に駐車場、東にアパートがある。駐車場は道路とアパートに比べて約2~3 m高位置にある。この三者の境界の斜面の稜には北東に伸びる小径がある。この小径の途中、道路から約50 cm上がI地点である。2021年の測定値は0.54 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

j) J地点 (1.06 $\mu\text{Sv/h}$)

北東-南西に走るアスファルト道路の南東側に工場がある。道路から工場入口までは距離があり、入口付近がアスファルト、その北側が草地となっている。両者の境界から草地に約1 m入ったところがJ地点である。地形的には南西側が高く、J地点付近には地表水が流れ込む。2021年の測定値は0.81 $\mu\text{Sv/h}$ であった。なお、H地点からJ地点を結ぶ道路の南東側には幅約50 cmの草地が続き、空間線量率は周辺より高い。

k) K地点 (0.56 $\mu\text{Sv/h}$)

K地点付近には、東側に工場の建物、西側に畑

があり、境界付近は斜面で畑側が最大約3 m高い。K地点は斜面の底の付近である。2021年の測定値は0.45 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

l) L地点 (0.57 $\mu\text{Sv/h}$)

L地点は住宅の雨どいの下部分である。2022年の調査で発見した。

m) M地点 (0.53 $\mu\text{Sv/h}$)

M地点付近は、西側に畑があり東側に大きな倉庫がある。両者は、約2 mのコンクリートの垂直な壁で区切られている。畑側が高い。また、畑は西側がやや高い緩い傾斜地である。M地点は、畑の東端の小径にある。2021年の測定値は0.33 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

n) N地点 (N1:0.50 $\mu\text{Sv/h}$, N2 : 0.54 $\mu\text{Sv/h}$)

N地点は、東西に走る道路の南側にある二階建て物置の雨樋の下である。物置は、外装が赤錆びたトタンで、屋根から2本の雨樋が地表に伸びる。この2本の雨樋が地表と接する付近の空間線量率が高い。N1地点は東側の雨樋下である。2021年の測定値は0.50 $\mu\text{Sv/h}$ であった。この物置の写真は千葉⁷⁾に掲載している。N2地点は、N1西側の雨樋の下である。2021年の測定値は0.61 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

o) O地点 (0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

O地点付近には、北東-南西に伸びるアスファルト道路があり、その南東側に工場がある。工場は道路より約3 m低い。O地点は道路と工場の境界付近であり、工場敷地に入れないため道路脇のガードレール付近から測定した。2021年の測定値は0.55 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

p) P地点 (0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

P地点は、墓地と民家との境である。この付近は藪の斜面で、民家側が約2 m低い。2021年の測定値は0.43 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

q) Q地点 (0.61 $\mu\text{Sv/h}$)

Q地点は、墓地にある比高約1.5 mの小丘の南斜面である。2021年の測定値は0.61 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

r) R (0.61 $\mu\text{Sv/h}$)

R地点は、墓地の北西端の竹藪にある。竹藪の西側は急な下り斜面である。2021年は0.65 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

s) S地点 (0.51 $\mu\text{Sv/h}$)

S地点は、孟宗竹林の中で、ゴミを捨てた形跡があった。2021年は0.41 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

(3) 考察

a) 全体

図3に、公的除染後の2016～2022年の空間線量率の推移を示す。前年比は小数点第3位までの比較である。空間線量率は徐々に低下しているが、減少率に鈍化がみられる。福島原発事故で放出されたセシウム134の放射能は半減期が約2.1年であり、急減した。また、その後放射能の主体となったセシウム137は半減期が約30年であり、また放射能の減少率が指数関数に従うため、測定した空間線量率の減少が鈍化している²⁵⁾。これとは別に、空間線量率の2016年から2017年の急激な低下は、公的除染(著者の2015年と2016年の調査の間に実施)が原因であると考えられる。詳しく考えると、この地域の表土などに定着した放射性物質は、その多くが公的除染で掻き出され大半は取り除かれたが、不完全な回収¹⁰⁾のため一部は残り、その後の雨水等で洗い流されたと考えられる。このため、2016年と2017年の比較で空間線量率の急激な低下となったと考えられる。

b) 特異地点(図2、図3)

空間線量率が0.50 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点(A～S)を図2に示した。特異地点の基準は2021年まで0.60 $\mu\text{Sv/h}$ 以上としたが、2022年から0.50 $\mu\text{Sv/h}$ 以上とした。この理由は、0.60 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地点が2021年の16地点から2022年には9地点とほぼ半減したためである。

全体的な傾向は、各地点とも線量率が低下している。しかし、C2地点・F地点・H地点・N1地点・Q地点は線量率がほぼ同じである。また、E地点・J地点・K地点・P地点・S地点では逆に線量率が上昇している。

原発事故由来の放射性セシウムの放射能は毎年減衰しているため、同じ測定地点では、放射性物質の移動がなければ、調査間隔の1年間で線量率は若干低下したと考えられる。また、放射性物質の新たな供給がないことから、特異地点の線量率の変化は、放射性物質の流入量と流出量の差で決まると考えられる。従って、線量率が増加した地点は、放射性物質の流入量が流出量より多かったと考えられる。逆に、線量率の大きな減少は、放射性物質の流出を示している。これとは別に、H地点とS地点では人為的にゴミが捨てられた痕跡があり、線量率が増加あるいは変化なしであった。

さらに、L地点は2022年の調査で発見した。こ

の付近は耕作放棄地で、2021年までは雑草が繁茂し立ち入りができなかった。2022年は冬の調査となったために草が枯れていた事と、隣接する倉庫が取り壊され住宅造成工事中だった事から、この耕作放棄地に入ることができた。L地点は、この耕作放棄地に接する住宅の雨樋下である。

c) 測定値に含まれる不確定要素

調査の目的のひとつは、福島原発事故後に空間線量率が自然界でどう変化していくかを記録することである。

この目的から外れる「局所的な除染」となる住宅造成地は測定から外した(図2、前述)ため、調査地点数が減じた。また、調査地域には耕作放棄地や荒地があるが、雑草の繁茂などにより踏み込めない年があれば、逆に草刈り後や工事で踏み込める年もあり、調査地点数が変動する一因になっている。さらに、測定地点数が2,717と多いため、測定位置を厳密に合わせることは極めて困難である。

これらの不確定要素は、自然相手の野外調査では避けることはできない。

3. 蓬田岳の空間線量率

調査は2022年7月8日、測定器はTCS-171である。なお、蓬田岳は、汚染状況重点調査地域(除染実施区域)に含まれない²⁶⁾ので除染されていない。また、蓬田岳に関する地図例えば国土地理院発行の地形図³⁰⁾や自治体発行の案内地図は、登山道の記載が不正確である。このため、著者は毎年インターネットで航空写真ダウンロードし印刷して調査に持参するなど工夫している。特に標高720～880 m付近は急傾斜の上、目標物がなく位置をつかみにくい。このため、調査地点の地図上のプロット位置は年ごとに微妙にずれている。

(1) 地形

蓬田岳は、阿武隈高原にある標高952.0 mの花崗岩質の山である(図4)。山の東麓には、観光施設「ジュピアランドひらた」があり、その東方の標高約500 mの低地には国道49号線が南北に走っている。

調査は、「ジュピアランドひらた」の南西端にある菅船神社遥拝殿から山頂までの登山道で行った。調査開始地点は、標高626 mである。登山道は、ここから西方向に、小さな沢に沿って登る。はじ

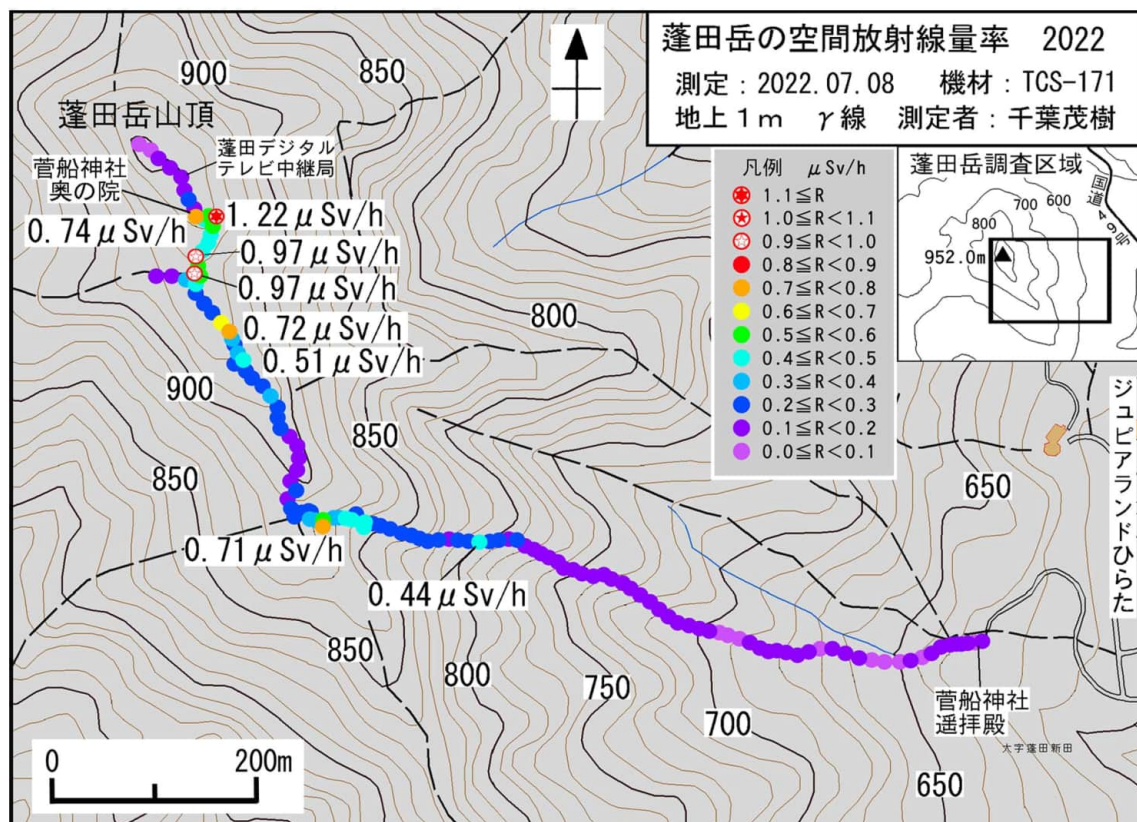


図4 蓬田岳の空間線量率の分布図(2022)

めは傾斜が比較的緩やかであるが、標高750 m付近から大きくなり岩場となる。標高885 mの稜線に出ると、登山道は北北西へ向う。稜線はここから標高915 m付近までは馬の背状の岩場が続く。標高915 m付近以降は、稜線の幅が徐々に広がる。標高924 m付近の距離約10 mの区間は傾斜がほとんど無く若干の低地となる。その後、緩やかな登りが続くが、標高930~940 m付近は急傾斜の岩場となる。標高940 m付近に菅船神社奥の院がある。ここより北西側は、標高差数mの岩場の稜線となる。山頂(標高952.0 m)の南東約20 mに蓬田デジタルテレビ中継局がある。

(2) 調査結果と考察

以下記載の数値は2022年の値であり、括弧内は2021年の値である。測定地点数は129(112)、空間線量率は0.08~1.22 μSv/h(0.08~1.22 μSv/h)、平均値は0.26 μSv/h(0.25 μSv/h)であった(図4)。

図5は、2013~2022年間の空間線量率の分布図である。空間線量率の高い地点が徐々に減少している。また、千葉ほか²⁴⁾では、要約すると「登山道は剥き出しの土であり放射性物質が移動しているが、草木のある場所では放射性物質の移動は少

なく土壤中に浸透している。」と指摘した。なお、急傾斜である標高800 m付近は、樹木はあるが地表は土や石がむき出しで、極小規模な扇状地状の地形があり、土砂の移動が明確に認められる。

以下、空間線量率の測定値を登山道の道順に記載し、その後に考察を記載する。

調査開始地点付近の標高625~780 mの区間では、0.0 μSv/h台が9地点(3地点)、0.1 μSv/h台が39地点(33地点)であった。比較の2年では、測定地点の総数が違うが、全体の傾向として空間線量率の低下がわかる。

標高790 m付近から稜線の885 mまでは、空間線量率の範囲は0.11~0.71 μSv/h(0.18~0.48 μSv/h)であった。最小値は0.11 μSv/h(0.18 μSv/h)と低下した。2021年に最高値0.48 μSv/hを示した地点では、2022年では0.44 μSv/hに低下した。2022年に最高値0.71 μSv/hを示した地点は、稜線上の登山道合流地点より約15 m下の谷間である。この地点は、登山道より若干南側に外れた位置で2021年までは測定していなかった。2022年に、念のためと範囲を広げた結果、発見した。

登山道合流地点から北へ向う稜線上の標高885~

空間放射線量率	2013年		2014年		2015年		2016年		2017年			
	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数
2.40 ≤ R < 2.80		1.2	1									
1.80 ≤ R < 2.00						1.0	1					
1.60 ≤ R < 1.80		4.8	4	2.6	2							
1.40 ≤ R < 1.60		2.4	2	3.9	3	2.1	2	0.7	1			
1.20 ≤ R < 1.40		2.4	2	3.9	3			1.5	2			
1.00 ≤ R < 1.20		6.0	5	3.9	3	2.1	2	3.0	4	0.8	1	
0.80 ≤ R < 1.00		6.0	5	2.6	2	7.2	7	3.0	4	2.4	3	
0.60 ≤ R < 0.80		18	15	9.2	7	8.2	8	9.6	13	4.0	5	
0.40 ≤ R < 0.60		11	9	21	16	22	21	19	25	15	19	
0.20 ≤ R < 0.40		39	32	26	20	30	29	32	43	34	42	
0.00 ≤ R < 0.20		7.2	6	28	21	28	27	32	43	40	50	
平均		0.66 μSv/h	83	0.49 μSv/h	78	0.42 μSv/h	97	0.37 μSv/h	135	0.32 μSv/h	125	

空間放射線量率	2018年		2019年		2020年		2021年		2022年			
	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数	50%40%30%20% 10%	%	地点数
2.40 ≤ R < 2.80												
1.80 ≤ R < 2.00												
1.60 ≤ R < 1.80												
1.40 ≤ R < 1.60												
1.20 ≤ R < 1.40		0.7	1					0.9	1			
1.00 ≤ R < 1.20		1.4	2	2.6	3	0.8	1	0.9	1	1.5	2	
0.80 ≤ R < 1.00		0	0	0.9	1	0.8	1	1.8	2	1.6	2	
0.60 ≤ R < 0.80		8.6	12	3.4	4	3.5	6	0.9	1	3.1	4	
0.40 ≤ R < 0.60		12	17	15	17	14	18	14	13	13	16	
0.20 ≤ R < 0.40		37	52	35	40	37	49	37	33	31	40	
0.00 ≤ R < 0.20		40	56	43	50	45	57	52	52	51	65	
平均		0.30 μSv/h	140	0.28 μSv/h	115	0.27 μSv/h	131	0.25 μSv/h	112	0.26 μSv/h	129	

図5 蓬田岳の2016～2022年の空間線量率の推移

910 mの約100 mの区間では、0.1 μSv/h台が6地点(6地点)、0.2 μSv/h台が9地点(11地点)、0.3 μSv/h台が1点(0地点)であった。最高値は0.30 μSv/h(0.28 μSv/h)と若干上昇した。

標高910 mから標高928 mの登山道の合流点付近までは、標高885～910 mと比べて線量率が再び上昇した。標高915 m付近の飯豊神社(石の祠)前では0.51 μSv/h(0.51 μSv/h)と同じであった。さらに標高924 m付近は0.72 μSv/h(0.53 μSv/h)と上昇した。この付近は周囲より若干低地で地面はぬかるんでおり、線量率は毎年高い。線量率が2021年より上昇した原因は、低地であることから放射性物質が雨水によって登山道上部より運ばれ集積したためと考えられる。

標高928 mの登山道の合流点付近から標高940 mの菅船神社奥の院までは、空間線量率は毎年高い。登山道の合流点付近から北西約2 mにある杉の大木の下では、0.97 μSv/h(1.13 μSv/h)とやや低下した。この杉の大木下の線量率が高い場所は、毎年ほぼ同じ位置である。この原因は、福島原発事故で飛来した放射性物質が、雨滴とともに杉の枝葉に付着し雫となって木の下に落ち、腐葉土にしみ込み、その移動がほとんどないため¹⁴⁾と考えられる。この杉の木付近から山頂方向約60 mの登山道の微地形は、西側が土手状に0.5～1 m高くなっている。杉の大木から山頂方向約10 m間の線量率は、

土手の斜面の部分が高く0.97 μSv/h(0.81 μSv/h)であった。基本原因は杉の大木周辺と同じで、さらに土手状の斜面のため放射性物質を含んだ腐葉土が若干移動し集積したためと考えられる。菅船神社奥の院の東側には落差約5 mの急崖があり、その下の広場は2020年まで著しい藪であった。2021年に藪が切り開かれて休憩所が作られた。この広場は、その形状から原発事故より相当前に人為的に作られ、その後放置されて藪になったと考えられる。広場の北側奥の急斜面に菅船神社奥の院に続く古道があることから、この広場にかつて神社関連の構造物があった可能性がある。この広場一帯は線量率が高く、最高値は1.22 μSv/h(1.22 μSv/h)であった。2013年の調査時にこの広場入り口付近で線量率が高いことに気がついたが、藪が繁茂し絡みついた状態でその先に広場があるとは想像できなかった。菅船神社奥の院では、0.74 μSv/h(0.82 μSv/h)であった。2011年の調査時から菅船神社奥の院一帯の線量率が高く、放射性物質がこの付近に大量に沈着した可能性が高い。

菅船神社奥の院より北西側は空間線量率が低下し、0.08～0.27 μSv/h(0.08～0.17 μSv/h)であった。0.27 μSv/hの地点を除けば、ほとんど変わらない値であった。最高値の0.27 μSv/hの地点は、菅船神社奥の院の北約15 mに位置し、地表付近は花崗岩が露出し、頭上には広葉樹がある。2023年9月

24日の調査の際にこの場所の状態を再度確認した。ここは周辺の岩場より約2m低い窪地で、底面には真砂が堆積していた。また、窪地の東側は下りの急斜面であった。真砂は花崗岩の風化物で、

この場所に周辺から物質が流れ込んでいる証拠である。この微地形から、放射性物質がこの窪地に流れ込み更に東へ流れ落ちていると推定される。線量率の上昇はこの物質の移動に起因している可

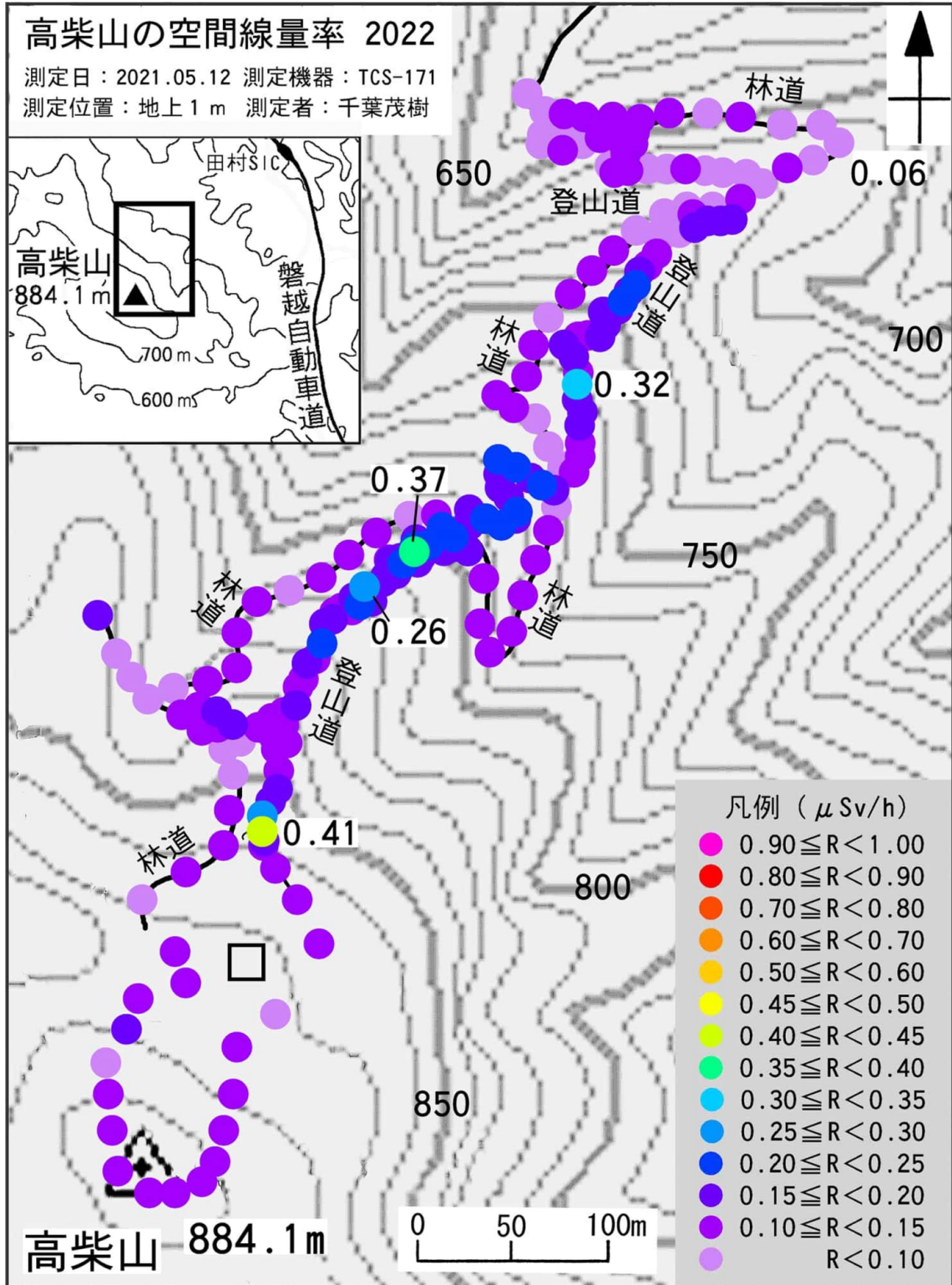


図6 高柴山の空間線量率の分布図(2022)

空間線量率	2013年					2019年					2020年					2021年					2022年									
	40%	30%	20%	10%	%	40%	30%	20%	10%	%	40%	30%	20%	10%	%	40%	30%	20%	10%	%	40%	30%	20%	10%	%					
0.90 ≤ R < 1.00					1.4	1																								
0.80 ≤ R < 0.90					1.4	1																								
0.70 ≤ R < 0.80					1.4	1																								
0.60 ≤ R < 0.70					1.4	1				0.7	1																			
0.50 ≤ R < 0.60					1.4	1									1.0	2														
0.45 ≤ R < 0.50																														
0.40 ≤ R < 0.45					1.4	1									0.5	1					0.6	1								
0.35 ≤ R < 0.40					1.4	1				0.7	1				0.5	1					0.6	1				0.5	1			
0.30 ≤ R < 0.35					10.0	7															1.3	2			0.5	1				
0.25 ≤ R < 0.30					10.0	7									0.5	1					1.3	2			1.0	2				
0.20 ≤ R < 0.25					25.7	18				12.8	19				6.4	13					7.1	11			7.3	15				
0.15 ≤ R < 0.20					37.1	26				24.8	37				15.7	32					16.7	26			24.9	51				
0.10 ≤ R < 0.15					8.6	6				49.0	73				52.9	108					54.5	86			43.4	89				
0.05 ≤ R < 0.10										12.1	18				22.5	46					17.9	28			22.0	45				
平均	0.29 μSv/h					70	0.15 μSv/h					149	0.19 μSv/h					204	0.16 μSv/h					157	0.15 μSv/h					205

図7 高柴山の2013・2019・2020・2021・2022年の空間線量率の比較

能性が高い。

4. 高柴山の空間線量率

調査は2022年5月12日、測定器はTCS-171である。なお、高柴山は、汚染状況重点調査地域(除染実施区域)に含まれない²⁶⁾ため除染されていない。高柴山の調査は2013年に行い、その際に「楯状高放射線土」^{3~5)}を発見した。その後、調査は行わなかったが、2019年に再開し、その後は継続的に行っている。なお、高柴山に関する地図、例えば国土地理院発行の地形図³⁰⁾や自治体発行の案内地図には、登山道や林道の記載がないか記載されていても極めて不正確である。このため、著者自身が調査のたびに登山道や林道を簡易測量しながら修正を繰り返し、線量率分布図に加筆している。なお、著者の調査目的は、放射性物質の汚染調査であり、登山道や林道の測量ではない。このため、線量率分布図に加筆した登山道や林道の位置は、年毎に微妙に異なる。

(1) 地形

高柴山は、阿武隈高原にある標高884.1 mの花崗岩質の山である(図6)。山の東方の標高約470 mの低地には磐越自動車道がある。調査は、牧野口の登山道とこれと交叉する林道で行った。登山道は、垂直断面がU字状のところが多い。道幅は1~1.5 m、U字状の側面の高さは最大約10 mである。また、小刻みなつづら折れが多く、底面には腐葉土が厚く堆積している。林道は、幅約2.5~4 mで、路面は花崗岩の真砂(風化物)である。山頂周辺はなだらかで山頂には展望台がある。

(2) 調査結果と考察

2022年の測定値を示す。カッコ内は2021年の値である。測定は205地点(157地点)、空間線量

率は0.06~0.41 μSv/h(0.07~0.46 μSv/h)、平均値は0.15 μSv/h(0.16 μSv/h)であり、0.35 μSv/h以上の地点が2地点(2地点)であった(図6、図7)。

2022年の測定値と前年の2021年の測定値を比較する。空間線量率(地上1 m)の範囲は、0.06~0.41 μSv/h(0.07~0.46 μSv/h)と全体的に低下した。空間線量率(地上1 m)の平均値は、0.15 μSv/h(0.16 μSv/h)とこちらも低下した。蓬田岳の考察で書いたように、福島原発事故由来の放射能は、2022年にはセシウム137が大半で、年毎に減少率が小さくなっていくと考えられる。また、楯状高放射線土^{3~5)}については、現在も継続調査中である。

5. 最後に

本報告は、2022年の調査報告であるが、原稿作成が遅れ寄稿で発表することとした。病氣治療があり、2021年と2022年とは何か野外調査はしたが、調査結果のまとめと原稿作成が遅くなった。また、本宮市の調査は、2023年に越年してしまった。

文 献

- 1) 文部科学省による放射線量等分布マップ(放射性セシウムの土壌濃度マップ)の作成結果を踏まえた航空機モニタリング結果(土壌濃度マップ)の改訂について。文部科学省。 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/017/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2011/09/02/1310688_2.pdf, (参照 2023-10-23)。
- 2) 県内7方部 環境放射能測定結果(暫定値)平成23年3月11日~3月31日。福島県放射線監視室。 https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/m-1/7houbu0311-0331.pdf, (参照 2023-10-23)。
- 3) 千葉茂樹：福島原発大事故に伴う福島県の放

- 放射性物質汚染—汚染地域の住民から見た汚染の実態—。日本地質学会News, **16**, 7-8(2013).
- 4) 千葉茂樹：福島第一原発事故，住民からの報告。エネルギー・資源, **36** (6), 5-9 (2015).
 - 5) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2013年の福島県の状況—。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XXV**, 188-205 (2014).
 - 6) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島県の放射性汚染土壌—とくに黒い物質—の野外の産状について。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XXIV**, 78-96 (2013).
 - 7) 千葉茂樹：福島第一原発事故，除染の効果とその問題点。名古屋大学年代測定研究, **1**, 30-35 (2017).
 - 8) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2014年の福島県の状況—。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XXVI**, 102-107 (2015).
 - 9) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2015年の福島県の状況—。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XXVII**, 52-57 (2016).
 - 10) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2016年の福島県の状況—。名古屋大学年代測定研究, **1**, 23-29 (2017).
 - 11) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2018年の福島県の状況—。名古屋大学年代測定研究, **3**, 56-62 (2019).
 - 12) 千葉茂樹：福島第一原発事故，2017年福島市渡利・小倉寺の里山の汚染実態。名古屋大学年代測定研究, **2**, 71-76 (2018).
 - 13) 千葉茂樹，諏訪兼位，鈴木和博：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染—2017年の福島県の状況—。名古屋大学年代測定研究, **II**, 65-70 (2018).
 - 14) 千葉茂樹：福島第一原発事故，福島第一原発事故による福島県の汚染の実態，2018年—福島市高松山・いわき市芝山—。名古屋大学年代測定研究, **3**, 63-68 (2019).
 - 15) 千葉茂樹：福島第一原子力発電所事故による放射性物質汚染の実態，2019年—福島県，本宮市・蓬田岳・高柴山の現状と変遷—。地学教育と科学運動, **85**, 39-47 (2020).
 - 16) 千葉茂樹：福島第一原子力発電所事故による放射性物質汚染の実態—2019年，福島県二本松市の汚染の現状と黒い土—。環境放射能除染学会誌, **8**, 207-220 (2020).
 - 17) 千葉茂樹：福島第一原子力発電所事故による放射性物質汚染の実態，2020年—福島県，本宮市・蓬田岳・高柴山の現状と変遷—。地学教育と科学運動, **87**, 9-19 (2021).
 - 18) 千葉茂樹：福島第一原発事故による福島県の放射性物質による汚染，2021年—本宮市・蓬田岳・高柴山—。環境放射能除染学会誌, **11**, 61-75 (2023).
 - 19) 千葉茂樹：福島第一原発事故に伴う放射性物質による汚染に関する論文。京都大学吉田英生氏 Web サイト。 <http://wattandedison.com/Chiba2.html>, (参照 2023-10-23).
 - 20) KATSUHIKO YAMAGUCHI, RADIATION SURVEY TEAM OF FUKUSHIMA UNIV. : INVESTIGATIONS ON RADIOACTIVE SUBSTANCES RELEASED FROM THE FUKUSHIMA DAIICHI NUCLEAR POWER PLANT. *Fukushima J Med Sci*, **57**, 75-80 (2012).
 - 21) RAE Systems : Gamma RAE II R ユーザーガイド 第D版。ハネウェルジャパン株式会社 (2010), 40p.
 - 22) 米澤千夏，小倉振一郎，齋藤雅典：パラメータ観測による放射線量モニタリング手法の検討。システム農学, **32**, 95-102 (2016).
 - 23) 谷垣 実：GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA/KURAMA-II の開発。 *Jpn. J. Health Phys.*, **50**, 138-147 (2015). https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/50/2/50_138/_pdf/-char/ja, (参照 2023-10-23).
 - 24) 学校等における放射線測定の手引き。文部科学省・日本原子力研究開発機構。 https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/fieldfile/2012/09/06/1305069_2.pdf, (参照 2023-10-23).
 - 25) 田崎晴明：放射線と原子力発電所事故についてのできるだけ短くてわかりやすく正確な解説。セシウム 137 とセシウム 134。 <https://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/details/Cs137vs134.html>, (参照 2023-10-23).

- 26) 除染の進捗. 環境省. <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-09-01-05.html>, (参照 2023-10-25).
- 27) QA9-17「汚染状況重点調査地域」とは何ですか. 環境省. <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29qa-09-17.html>, (参照 2023-10-23).
- 28) 国(環境省)が示す毎時0.23マイクロシーベルトの算出根拠. 東京都環境局. https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/policy_others/radiation/view/men.html, (参照 2023-10-23).
- 29) 各市町村の除染実施状況. 福島県. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/progress.html>, (参照 2020-7-5).
- 30) 地理院地図 / GSI Maps. 国土地理院. https://maps.gsi.go.jp/index_m.html#16/37.355140/14.0582836/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1, (参照 2023-10-23).

寄稿は正規の査読を受けていない報告であり、内容については著者の責任で発表されるものである。

On-site Report

**Report on Radioactive Contamination due to the Fukushima Daiichi
Nuclear Power Plant Accident, 2022**
—Air dose rates in the areas of continuous survey
(Motomiya City, Mt. Yomogita-dake, Mt. Takashiba-yama)—

CHIBA Shigeki*

● **Summary** ● An accident occurred at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant following the Tohoku Pacific Coast Earthquake on March 11, 2011. As a result of this accident, eastern Japan was heavily contaminated with radioactive materials. The author has continuously conducted radioactive contamination surveys since 2011. In this paper, the author reports the results of surveys conducted in 2022, at Motomiya City, Mt. Yomogita-dake, and Mt. Takashiba-yama, in Fukushima Prefecture. In a series of surveys, air dose rates were measured at 1 m above ground level using a Hitachi ALOKA TCS-171 scintillation survey meter. The survey in Motomiya City was conducted in the central part of the city for a total of 22 days from December 2022 to February 2023. The number of measurement points was 2,717, with air dose rates ranging from 0.07 to 1.06 $\mu\text{Sv/h}$, and an average value of 0.19 $\mu\text{Sv/h}$. Measurement results was classified as follows: 1,788 points (65.8%) where the air dose rates were less than 0.20 $\mu\text{Sv/h}$, and 25 points (0.86%) where the air dose rates were 0.50 $\mu\text{Sv/h}$ or higher. The survey in Mt. Yomogita-dake was conducted in a mountain trail on July 8, 2022. The number of measurement points was 129, and the range of air dose rates was 0.08 - 1.22 $\mu\text{Sv/h}$, with an average value of 0.26 $\mu\text{Sv/h}$. The survey of Mt. Takashiba-yama was conducted in mountain trails and forest roads on May 12, 2022. The number of measurement points was 205, and the range of air dose rates was 0.06 - 0.41 $\mu\text{Sv/h}$, with an average value of 0.15 $\mu\text{Sv/h}$.

Key Words: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, air dose rate, Motomiya City, Mt. Yomogita-dake, Mt. Takashiba-yama

Received November 6, 2023, Accepted December 11, 2023

*Corresponding author: Address : Fukushima Natural Environment Laboratory, 4-3, Murahigasi, Iwasato, Inawashiro-machi, Yama-gun, Fukushima 969-3141, Japan

E-mail: s.chiba@vesta.ocn.ne.jp

