神奈川県横浜市街区域等における放射性物質による土壌汚染の実態評価

防衛大学校　　正会員　　山口晴幸

１．はじめに

東日本大震災による原発事故発生以来、2 年 10 ヶ月程経過した. 度重なる汚染水貯蔵タンクからの高濃度汚染水の漏出問題，効果的な打開策のみえない汚染水抑制策や処理処分対策の閉塞性を始め，事故地近隣の市町村等では，未だに除染作業の遅れや除染土・汚染瓦礫の処理処分作業の停滞など，放射能汚染問題が復旧・復興の大きな 足枷となっている.

原発事故での 3 度の水素爆発の発生によって，膨大な放射性物質が大気に排出され，飛散・拡散移動によって関東地方の都県でも多くの地域において，ホットスポットやミニホットスポットと称される高濃度の汚染土壌等が確認された. 当研究室では，原発事故直後から飛散・拡散降下した放射性物質の測定を開始し，原発事故地より約 300 ㎞南西方に位置する神奈川県横須賀市に所在する当校舎内で，屋上排水口土砂や雨樋下土砂等で，1μSv/h を超える高濃度の汚染土壌となっている地点を多数観測している [1]. 当校舎が立地する三浦半島一円での 455 ヶ所に及ぶ家屋雨樋下土砂の現地測定結果からは，特に東京湾岸側を中心に，高放射線量の地点を示すホットスポットなどがやはり多数確認され、放射性物質が遠距離に亘って広範囲に飛散・拡散し，三浦半島一円でも深刻な土壌汚染を引き起こしている実態を明らかにしている [2]. 汚染実態を広域的に評価する観点から，把握調査は，東京湾岸側の地域を主体に継続してきた. 本報告では，さらに横浜市街区域等での土壌汚染の実態を明らかにすると共に，これらの区域や三浦半島域での放射線量の測定結果等に基づき，神奈川県内の多くの地方自治体で保管され，処理処分が停滞している汚染された下水汚泥や汚泥焼却灰の主要な汚染ルートや供給要因等について考察する.

２．調査と測定

三浦半島への放射性物質の飛来・降下状況を把握するために，まず半島全域を対象として雨樋下土砂(455 地点)の放射線量の現地測定を 2011 年 11 月～2012 年 4 月の間に実施している [2]. その後さらに東京湾岸側に沿って広域的に土壌汚染の実態を解明する必要があると考えられたことから，引き続き横浜市街区域等を中心に 2012 年 5 月～2012 年 9 月に掛けて 194 地点で雨樋下土砂の現地測定を実施した(表 1). 土壌汚染の実態を把握するための現地測定では，広域的にカバーする必要性から，三浦半島域での場合と同様に，主要幹線道路の沿道付近・周辺の家屋に付帯されている雨樋下の表層土壌を対象とした（写真 1，図 4 参照）. 後述する図 4 に示すように，ほぼ数百 m 間隔にある 194 ヶ所の測定地点は，東京湾岸側の横浜市中心街から放射方向に延びる主要幹線道，7 路線に沿っており，その測定範囲は横浜市の 16 区と大和市，鎌倉市に至る区域となっている.

表 1　土壌汚染の調査と測定概要

項目	雨樋下土砂	車道側片土砂	
現地測定地域	横浜市街区域等	横浜市街区域等	三浦半島域
現地測定年月	2012 年 5 月～ 2012 年 9 月	2012 年 5 月～ 2012 年 9 月	2012 年 10 月～ 2012 年 12 月
現地測定地点数	194	134	78 10(車道隧道内)

写真 2　車道側片土砂

写真 1　雨樋下土砂

一方，下水処理施設での汚泥や汚泥焼却灰の放射能汚染問題が広域的に深刻化し，地方自治体ではその対策

キーワード　放射線量，横浜市街地区等，雨樋下土砂，車道側片土砂，汚染実態評価

連絡先　〒239-8686　神奈川県横須賀市走水 1-10-20　防衛大学校建設環境工学科　ＴＥＬ046-841-3810　yamaguh@nda.ac.jp

等が重要な課題となっていたことから，主要な汚染ルートや供給要因を考察する意味で，排水溝に流下しやすい車道側片に残積している土砂の放射線量の現地測定を並行して実施した(写真 2). 車道側片土砂の現地測定は，表 1 に示すように，横浜市街区域等の 134 地点(図 6 参照)に加え，三浦半島域の 78 地点(図 8 参照)で実施した. なお放射性物質に対する遮蔽性を調べるために，図 1 に示す東京湾岸沿い 10 ヶ所の車道隧道内(長さ約 100～300m)の土砂について，放射線量の現地測定を実施した. さらに三浦半島への放射性物質の飛散・降下による土壌汚染の状況を推察すために，原発事故以前に既に採取していた図 2 に示す 31 地点での車道側片土砂(バックグランド値に相当)と，図 8 に示す原発事故後現地測定した 78 地点の内 46 地点で採取した車道側片土砂とを用いて，放射線量の室内測定による比較検証を試みた. 現地と室内での放射線量の測定は，それぞれ土壌表面からの高さ 1 cmの位置とした. なお室内測定の場合には，放射線量計測用の専用容器に質量約 100g の乾燥試料土を充填し，さらにその容器を厚さ約 10 mmの鋼製モールドに設置して密閉し，3 回計測した平均値を測定値とした. ちなみに鋼製モールド内の空間放射線量は 0.014～0.018 μSv/h であったことから，この値を差し引くことで，室内での測定値とした.

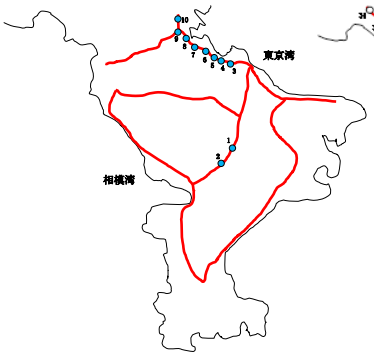

図 1 測定対象とした車道隧道の地点

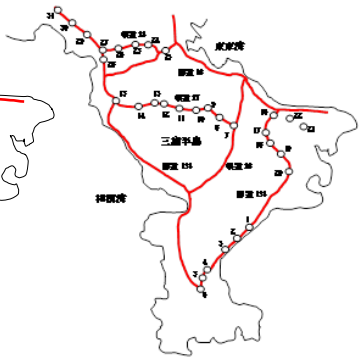

図 2 車道側片土砂の採取地点(原発事故以前)

放射線量の測定には，現地での移動・持ち運びに便利な携帯型の放射線量測定器(HORIBA 製 Radi(PA-1000))を使用した. 放射性セシウム(^{134}Cs，^{137}Cs)から放出される γ 線の放射線量を計測する装置で，その測定範囲は 0.001～9.999μSv/h，指示誤差は±10%以内，計測時間は 60 秒となっている.

3．結果と考察

(1) 雨樋下土砂の汚染実態

横浜市街区域等で 194 地点での雨樋下土砂について実施した放射線量の現地測定結果を図 3 に示している. またその結果に基づいて，放射線量の値を 6 段階に区分して測定地点上にマップ表示したのが図 4 である. 図 3 から明らかなように，経済・産業・居住地等として人為的活動の盛んな横浜市街区域 おいて，1 μSv/h を超える極めて高い放射線量が 4 地点で確認され，0.5 μSv/h 以上の地点は全測定地点（194 地点）の 35 地点に達し約 18%を占め，平均値は 0.314 μSv/h であった. 図 4 の地点マップ表示からも，横浜市中心部の西区を始め，磯子区や金沢区などの東京湾岸側の区域で高い放射線量が観測される傾向にあることが窺われる. このように高い放射線量の地点が東京湾岸側に偏向して確認される傾向は，既に、三浦半島域の雨樋下土砂で

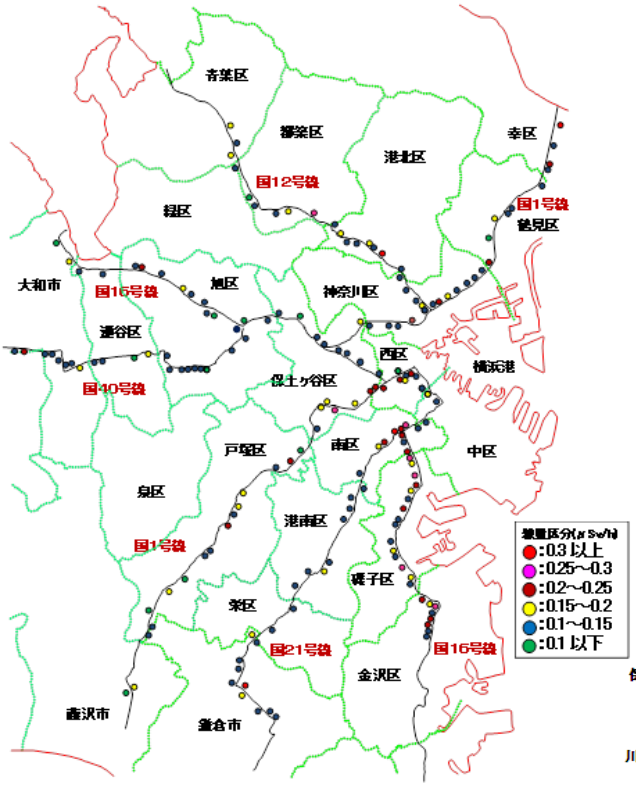

図 4 放射線量の地点マップ

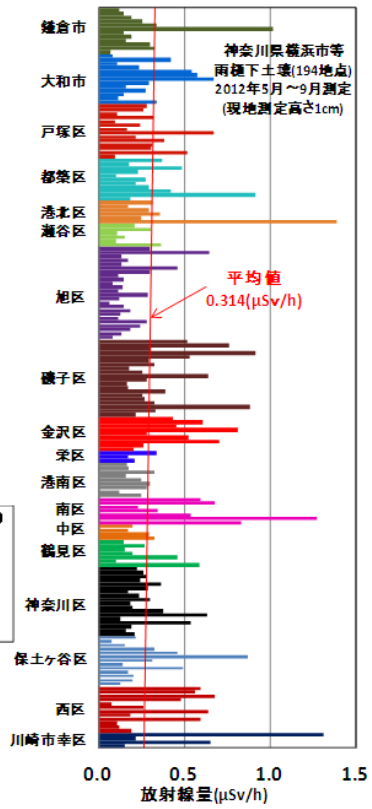

図 3 横浜市街区域等の放射線量

の測定結果からも実証している[2]ことを鑑みると，原発事故地から南西方約300km以遠の神奈川県においても，東京湾岸側の区域を中心にかなり広範囲に亘って，相当量の放射性物質が飛散・降下したものと判断される．

（２）車道側片土砂の汚染実態

上述した雨樋下土砂の測定地点が沿道となっている横浜市街区域を通る主要7幹線道を対象に，車道側片上に残積している土砂についての放射線量の現地測定結果を図 5 に示している． 放射線量を線量区分して地点マップ表示した図 6 に示すように，測定地点は 134 地点で，ほぼ数百m間隔となっている．車道側片土砂の場合も，図 3 で示した雨樋下土砂と同様に，放射線量の値は地点間でかなり差異が認められる． 最大値は 0.362 μSv/h であるが， 0.1～0.2 μSv/h 範囲の土砂が大半を占めており，平均値は 0.129 μSv/h であった． 平均値で比較すると， 車道側片土砂(0.129 μSv/h)では図 3 で示した雨樋下土砂(0.314 μSv/h)の約 40%程度の放射線量となっている．両土砂間での放射線量の相違は主に，①雨樋下土砂では屋根等に飛散・降下した放射性物質が雨樋を通して集中的に流下し沈積しやすいため，②車道側片土砂では降水や風圧等によって流動・飛散しやすく，特に放射性物質の吸着性が高い微細土粒子成分の流失が生じやすいため，によっているものと推察される．

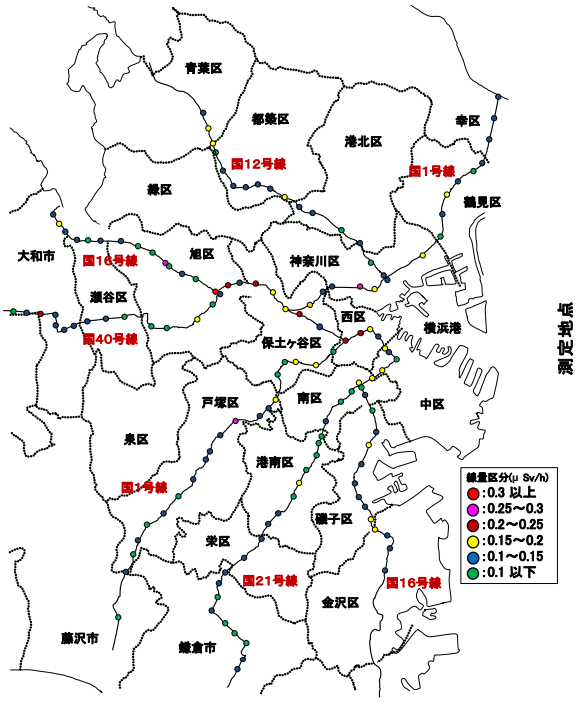

図 6　車道側片土砂の放射線量の地点マップ(横浜市街区域等)

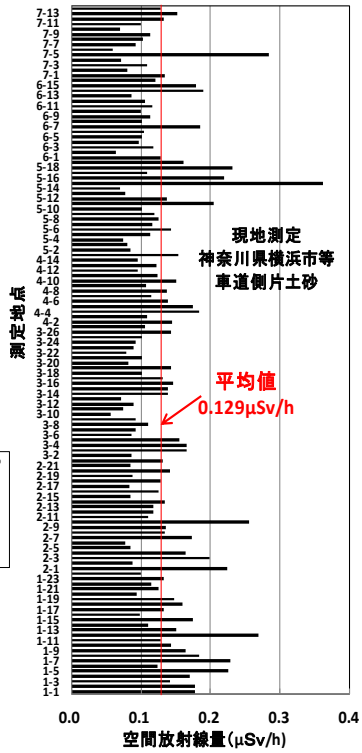

図 5　車道側片土砂の放射線量(横浜市街区域等)

同様に図 7 には三浦半島域での車道側片土砂(78 地点)の放射線量を，またその地点マップを図 8 にそれぞれ示している．放射線量の最大値は 0.404 μSv/h であるが， 大半は 0.2 μSv/h 以下で，平均値は 0.117 μSv/h となっており，横浜市街区域等での測定結果よりも放射線量は全般的に多少低い傾向になっている．しかし放射性物質の直接的な沈着への防止効果が高い隧道内の車道側片土砂(図 1 参照)では，図 9 に示すように，いずれも放射線量は 0.1 μSv/h 以下で，平均値は 0.071 μSv/h となっている．このことから判断すると、横浜市街区域等や三浦半島域では，雨樋下土砂のような局所的地点のみならず，程度の差異はあるが、飛散・降下した放射性物質によって広域的に表層土壌が汚染されていることが窺われる．このことをさ

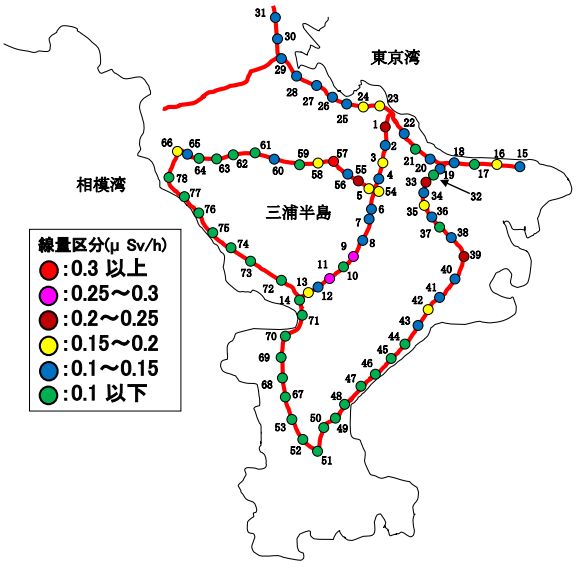

図 8　車道側片土砂の放射線量の地点マップ(三浦半島域)

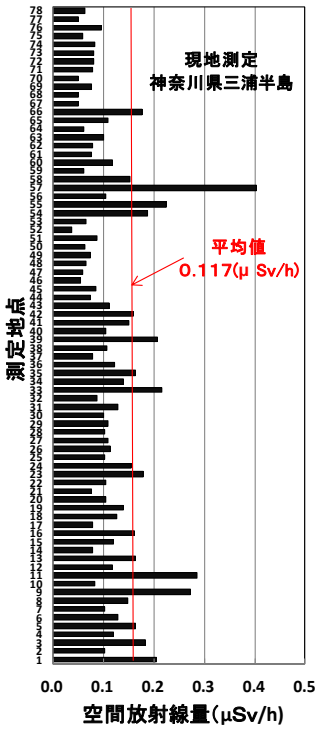

図 7　車道側片土砂の放射線量(三浦半島域)

らに裏付けるために，原発事故前後に三浦半島域で採取した車道側片土砂(採取地点は図 2(事故以前)と図 8(事故後))での比較検証したのが図10と図11である．質量約100ｇの乾燥試料土を用い，同一測定条件下での室内測定の結果である．事故後に採取した車道側片土砂では明らかに放射線量が高く，その平均値は 0.029μSv/h となっている．この値はバックグランド値とみなせる事故以前の平均値 0.005μSv/h の約 5.8 倍となっている．このことからも，原発事故により東京湾岸側を中心に広域的な土壌汚染の発生している実態が明らかである．

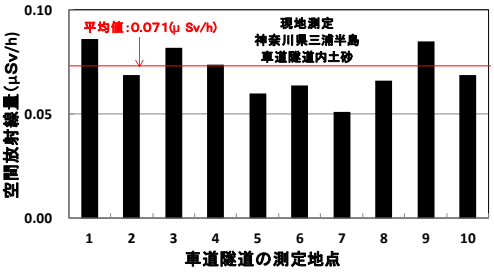

図 9　車道隧道内土砂の放射線量(三浦半島域)

（3）放射能汚染による波及被害

雨樋下や車道側片土砂の調査を通して，原発事故地より約 300km 以遠の神奈川県内においても，東京湾岸側の人口密集区域等を中心に広域的に土壌汚染の発生している実態が明らかとなった．継続している数箇所の雨樋下土砂での長期測定結果では，2 年以上経過後の放射線量の減衰は 10～30%程度で，今尚 1μSv/h を超える地点が観測され，長期に亘って土壌汚染が継続している． 今回対象とした雨樋は直接地表面に流下する家屋用タイプ(写真 1)であるが，ビル・マンション等の大型建造物では排水溝や下水管に直結したタイプ(写真 3)が大半を占める．また車道側片土砂も直接道路排水溝に流下するシステムとなっている．処理処分等の対応策が行き詰まり厄介な問題となっている下水汚泥や汚泥焼却灰等の主要な汚染ルートや供給源は，放射性物質を含んだ降水や土砂が流下する下水道網の広域汚染の可能性が指摘される．ちなみに神奈川県内 7 市町村の調べ (2012 年 3 月時点)[3] では，汚染された汚泥・汚泥焼却灰が下水処理場等の施設に総計約 2 万 1040ｔ保管され処分が滞っている．その内，横浜市では 5022ｔ，川崎市では 9500ｔ，横須賀市では 760ｔ，鎌倉市では 370ｔと 4 市で全体の約 64%を占めている．横浜市では当初は 1 kg当り 10000 ベクレルを超える高濃度の汚泥焼却灰等の指摘もなされている．厄介な下水道網の除染・洗浄作業の推進が下水汚泥・汚泥焼却灰の汚染濃度を低減化し，減量化する重要な対策課題となる．

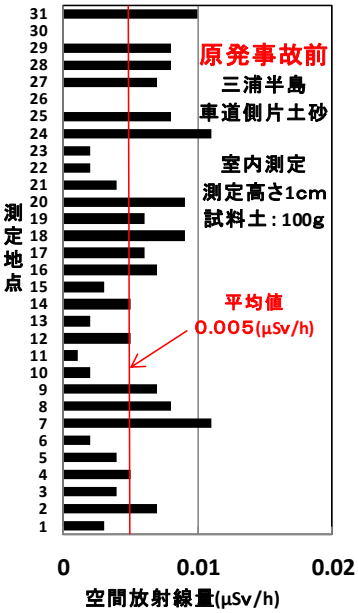

図 11　原発事故以前の車道側片土砂の放射線量

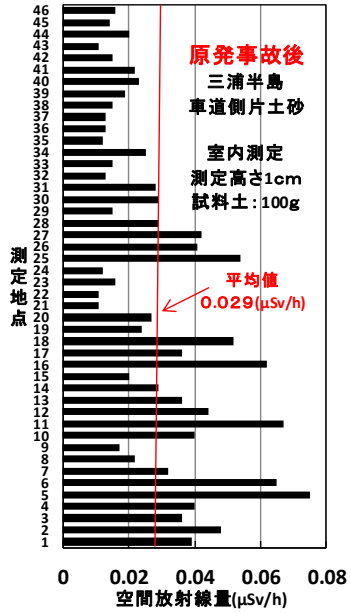

図 10　原発事故後の車道側片土砂の放射線量

4．おわりに

放射性 Cs(^{134}Cs と ^{137}Cs)は，半減期が ^{134}Cs で 2 年，^{137}Cs で 30 年のため汚染は継続している．^{134}Cs と ^{137}Cs の放出量の比率はベクレル(Bq)単位でほぼ 1：1 とされる．しかし ^{134}Cs の半減期は ^{137}Cs のそれに比べて短いため，単位時間に放出されるγ線のエネルギーは ^{134}Cs の方が大きくなる．このため初期の汚染への寄与は ^{134}Cs の方が大きい．また両 Cs のこの半減期の相違により，放射性 Cs(^{134}Cs＋^{137}Cs)の放射線量は初期の 3 年間で約半分に減衰するとされている．しかしそれ以降は ^{137}Cs の関与が強くなるため，放射線量の減衰は緩慢となるが，今後も汚染は長期に亘って継続することになる．

写真 3　直結型雨樋

参考文献　1)伊藤洋輔・灰田琢磨・山口晴幸：土砂の放射能汚染に関する考察，地盤工学会　第 57 回地盤工学シンポジウム平成 24 年度論文集，pp. 87-94(2012．11)．　2)山口晴幸・酒井裕美・伊藤洋輔：神奈川県三浦半島における放射性物質による土壌汚染，地盤工学会，第 10 環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp．287-294(2013．9)．3)読売新聞社：汚泥など 2 万 1000 トン～保管場所限界～，読売新聞地域面，2012 年 3 月 2 日発行．