

千葉市美浜区における放射性セシウム (Cs) の深度分布と 地下水中濃度について (2012~2016 年度調査)

吉田 剛

1 はじめに

2011年3月11日に起こった東日本大震災によって発生した福島第一原発の爆発事故（以後、事故という）により千葉県内においても放射性物質が降下・堆積した。この放射性物質の地下への浸透状況を調査するために、千葉市美浜区において放射性 Cs の地層中の深度方向の濃度分布を求めた。

半減期が約2年である Cs134 の存在は、この事故由来であることの明らかな証拠となるが、事故から6年以上経過した現在、Cs134 の検出が困難となっている。Cs137 はこの事故由来だけでなく1950年代~1960年代に行われた核実験のグローバルフォールアウト由来としても存在しているため、Cs137 の検出だけでは、事故由来の証拠とすることはできない。

そこで、事故による Cs137 の影響を受けていない試料との比較から、事故由来の Cs137 の下方浸透について検討することとする。

さらに、調査地内に設けた埋立層にスクリーンを持つ観測井から地下水を採取し、放射性 Cs の濃度を測定した結果を示す。

2 構成地層と試料の採取

調査地では、深度約4m~70cmまでは貝殻破片を多く含む砂を用いた浚渫層、深度70cm~地表までは砂やロームを用いた盛土層で構成され、このロームや泥はブロック状に混入している。深度2cm~地表までの表層には芝の根が密集した細粒砂層で構成されている。

試料採取には、地層の構造を乱さずに深度方向の地層試料が採取可能なハンディジオスライサー（復建調査設計株式会社製）を用いた。

放射性 Cs の分析には、ゲルマニウム半導体分析装置を用いた。



図1 試料採取地点と観測井戸の位置図

3 事故による放射性 Cs の降下のない地面の調査

図1に灰色で示した範囲には、事故前から厚い樹脂製シートによって地面が被覆され、この地面からは事故による放射性 Cs の降下のない試料を得ることができた。2013年4月に樹脂製シートを撤去した後直ちに、芝のない地面から深度方向の試料を採取した。測定の結果、半減期が約2年の Cs134 は地表から深度16cm まですべて不検出であった。一方、半減期が約30年の Cs137 は、深度16cm までの中に、深度11~12cm で不検出を示

す以外は、すべての深度において2.1～3.7 Bq/kgの値が検出された。調査地は1961～1964年に造成された埋立地であり、この検出されたCs137は、世界で1950年代～1960年代に行われた核実験のグローバルフォールアウト由来である。この値を事故前の値（バックグラウンド）とする。今後、Cs134が半減期2年の速度で減衰していき、低濃度で検出されるCs137が事故由来かグローバルフォールアウト由来かの区別がしにくくなることが予想されるが、事故前の値を求めたことによって、Cs137の測定による下方浸透の議論が可能となる。

樹脂製シート撤去から3年8ヶ月後（2016年12月）、草地となった調査地では、この期間に放射性Csが砂ぼこりや生物活動で移動し付着したと考えられる。測定の結果、Cs134が地表から深度3cmまで検出された。Cs137についてみると、深度0～1cmでは340 Bq/kgを示し、そこから下方にかけて濃度が減少し、深度6～7cmで4.52 Bq/kg、7～8cmで3.02 Bq/kgを示す。この7～8cmより下位はバックグラウンドの値と同程度となる。このことから事故由来のCs137は深度6～7cmまで下方移動しているといえる。

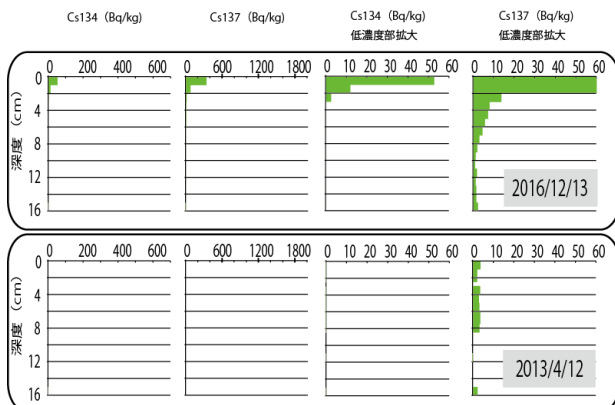


図2 事故時に放射性Csの降下を受けていない地層の分析結果（下）と3年8ヶ月後の結果（上）

4 地層深度別の放射性Cs濃度

事故時に放射性Csの降下のあった範囲について2012年、2014年、2015年、2016年に試料採取し測定した結果を図3に示す（地点は図1に示す）。なお、2013年は調査を行ったが、この地点が事故後に地表部を改変した箇所であったことが判明し、今回の比較から除いた。

深度0～2cmまでは、芝の根の混入量によりCs濃度が大きく変化するので、各調査年における深

度2cmまでの濃度増減の比較については議論せず、これより下位について半減期約30年のCs137濃度の比較を行う。また、Cs134については半減期2年で減衰するため、検出された最も深い深度についてのみ記述した。

2012年10月調査 Cs137について深度2～3cmは18 Bq/kg、深度3～4cmは5.6 Bq/kg、深度4～5cmは3.9 Bq/kg、深度5～6cmは3.5 Bq/kg、深度6～7cmは3.2 Bq/kg、深度7～8は3.8 Bq/kg、深度8～9cmは3.1 Bq/kg、深度9～10cmは1.9 Bq/kg、深度10～11cmは1.8 Bq/kgであった。

Cs134の検出された最深は、深度6～7cmであり1.2 Bq/kgであった。

2014年10月調査 Cs137について深度2～3cmは110 Bq/kg、深度3～4cmは25 Bq/kg、深度4～5cmは16 Bq/kg、深度5～6cmは5.8 Bq/kg、深度6～8cmは4.1 Bq/kg、深度8～10cmは1.4 Bq/kgであった。

Cs134の検出された最深は、深度6～8cmであり1.4 Bq/kgであった。

2015年12月調査 Cs137について深度2～3cmは54 Bq/kg、深度3～4cmは13 Bq/kg、深度4～5cmは11 Bq/kg、深度5～7cmは6.7 Bq/kg、深度7～9cmは3.1 Bq/kg、深度9～11cmは1.0 Bq/kgであった。

Cs134の検出された最深は、深度7～9cmであり1.9 Bq/kgであった。

2016年12月調査 Cs137について深度2～3cmは233 Bq/kg、深度3～4cmは35 Bq/kg、深度4～6cmは29 Bq/kg、深度6～8cmは13 Bq/kg、深度8～10cmは9.2 Bq/kg、深度10～12cmは4.2 Bq/kgであった。

Cs134の検出された最深は、深度8～10cmであり1.4 Bq/kgであった。

各年のCs137についてみると、深度2～3cm、3～4cm、4～5cmは2015年に濃度はやや低値を示すが、2012年から2016年かけて上昇している。

2012年、2014年、2015年の深度8～10cmはバックグラウンド値と同程度の3 Bq/kg以下であったが、2016年の深度8～10cmは9.2 Bq/kgであり、Cs137が下方に1～2cm程度、浸透している可能性がある。Cs134においても、2012年ではCs134の検出される最深は深度6～7cmであるが、2014年では深度6～8cm、2015年では7～9cm、2016年では8～10cmであり、わずかに深

くなる傾向が見え、浸透の可能性を示唆している。



図3 2012, 2014, 2015, 2016年の調査結果

表1 事故から試料採取日までの千葉測候所観測の累積降雨量

原発事故日から試料採取日	累積降雨量
2011年3月12日から2012年10月10日	2334mm
2011年3月12日から2014年10月9日	5387mm
2011年3月12日から2015年12月16日	7245mm
2011年3月12日から2016年12月13日	8814mm

Csの下方浸透の原因として、降雨や生物活動が考えられる。千葉市の千葉測候所の観測による原発事故から各試料採取日までの累積降雨量を表1に示す。累積降雨量は、事故から2012年10月までは2334 mm、事故から2014年10月までは5387 mm、事故から2015年12月までは7245 mm、事故から2016年12月までは8814 mmである。これらの降雨の影響も受けて、地層中の放射性Csがわずかに移動し図3のとおり分布を示すと考えられる。

5 人工地層内の地下水の放射性Cs濃度

地表部から埋立層中の地下水への放射性Csの浸透の有無を調べるために、地下水を採取し測定を行なった。埋立地層中に設置された観測井は、深度約3.5 m、スクリーンは深度2.9~3.5 mである(図4)。観測井から地下水を100 L以上採取し、これを蒸発乾固させ、その残留物の放射性Cs濃度を測定した。採取日は、2013年6月26日と2017年3月1日である。

2013年の結果では、Cs134は不検出、Cs137は約0.5 mBq/Lであった。2017年の結果はCs134とCs137ともに不検出であった(表2)。

事故から2017年6月までの埋立層内の地下水位を観測した結果、地表面から地下水面までの深度は平均約1.5 mであった。この期間の埋立層中の地下水の最高水位は、深度11 cmであった(図4)。これは「平成27年9月関東・東北豪雨」のときであった。最高水位時においても事故由来の放射性Csの分布域(地表から深度10 cm)に地下水面は達していないことがわかった。

表2 人工地層内の地下水の放射性Cs濃度

採取日	Cs-134 (mBq/L)		Cs-137 (mBq/L)	
	検出限界	検出値	検出限界	検出値
2017.3.1	N.D.	0.325	N.D.	0.43
2013.6.26	N.D.	0.352	0.548 ± 0.12	0.345

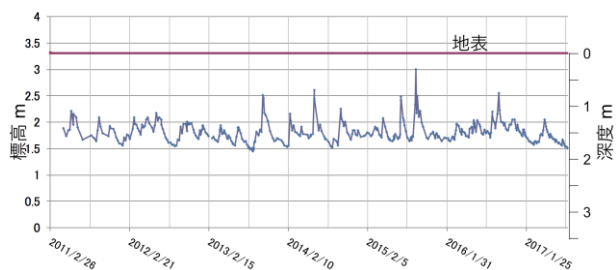


図4 調査地における埋立層中の地下水位変動