

第1部では、環境分野における最近の取組を特集として取り上げ、24年度*に実施した施策に加え、25年度の状況を含めて紹介します。

本特集では、「Ⅰ 東日本大震災を契機とした環境分野での取組」として、一般環境中の放射能モニタリングの実施状況や液状化に関する研究等について、「Ⅱ 特定外来生物対策」として、県における特定外来生物の状況と具体的な防除等の取組について、「Ⅲ 微小粒子状物質(PM2.5)の監視状況と対策」として、PM2.5測定機の整備状況と測定結果等について、3項目の取組状況を紹介します。

*本白書では、原則として、「平成」の表記は省略しています。

I 東日本大震災を契機とした環境分野での取組

23年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方のみならず本県においても、津波、液状化、地震動等により、多くの人的・物的被害をもたらし、大量の災害廃棄物の処理など迅速な対応が求められました。

また、震災により発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下「原発事故」という。）により、大量の放射性物質が放出され、県民の不安が高まったことから、県では環境汚染の状況を把握するための環境モニタリングの強化や除染等の対策を行うとともに、液状化対策に関する研究を行ってきましたので、その結果について紹介します。

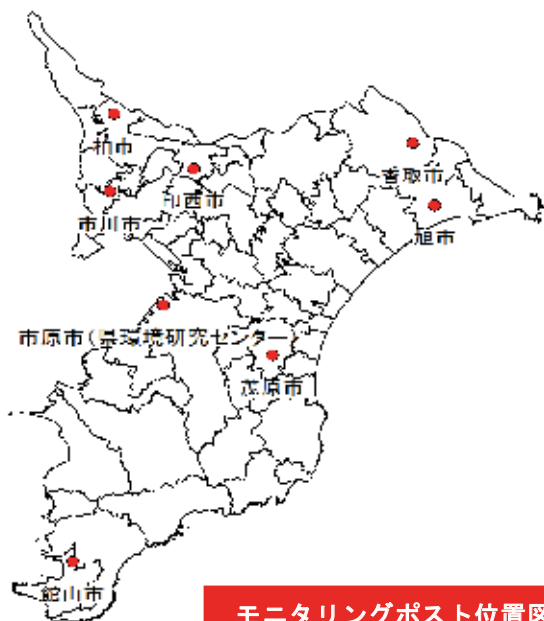
1. 大気環境中の放射能モニタリング結果

県では、原発事故以前の平成2年から、市原市にある県環境研究センターにおいて、大気降下物等に含まれる放射能の測定のほか、モニタリングポストにより、空間放射線量の常時測定を行ってきました。

原発事故を受け、モニタリングポストの増設を行うなど、県内の放射線量の測定体制の強化を図り、現在、下図の県内8か所で、測定を行っています。

これらの大気環境中の測定結果は、県大気保全課ホームページにおいてリアルタイムで公表しています。

(<http://www.pref.chiba.lg.jp/taiki/h23touhoku/houshasen/index-sokutei.html>)

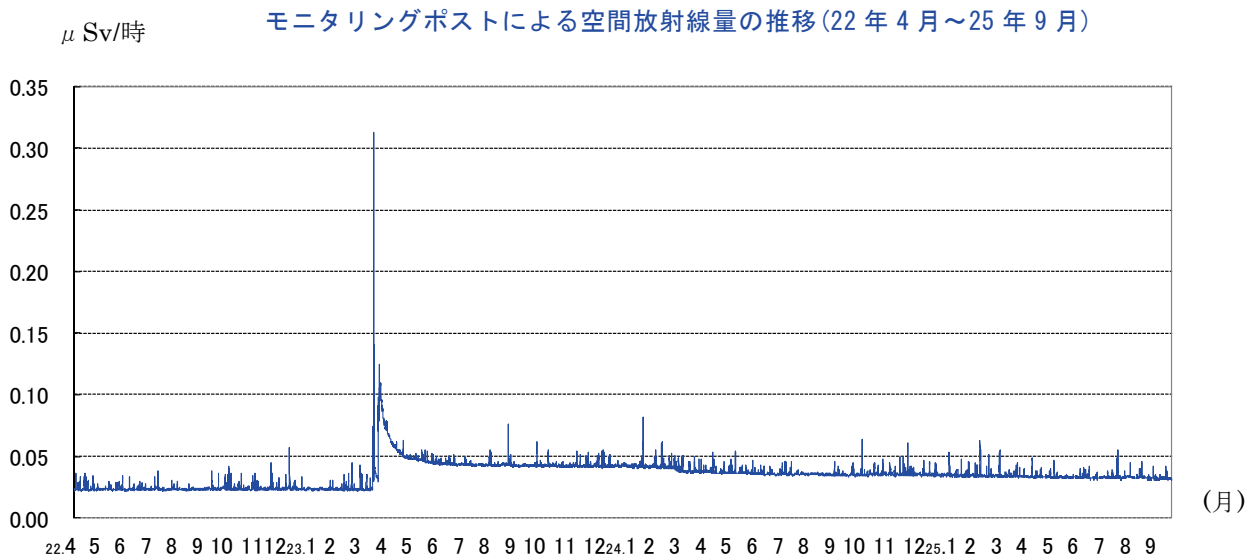


モニタリングポスト位置図

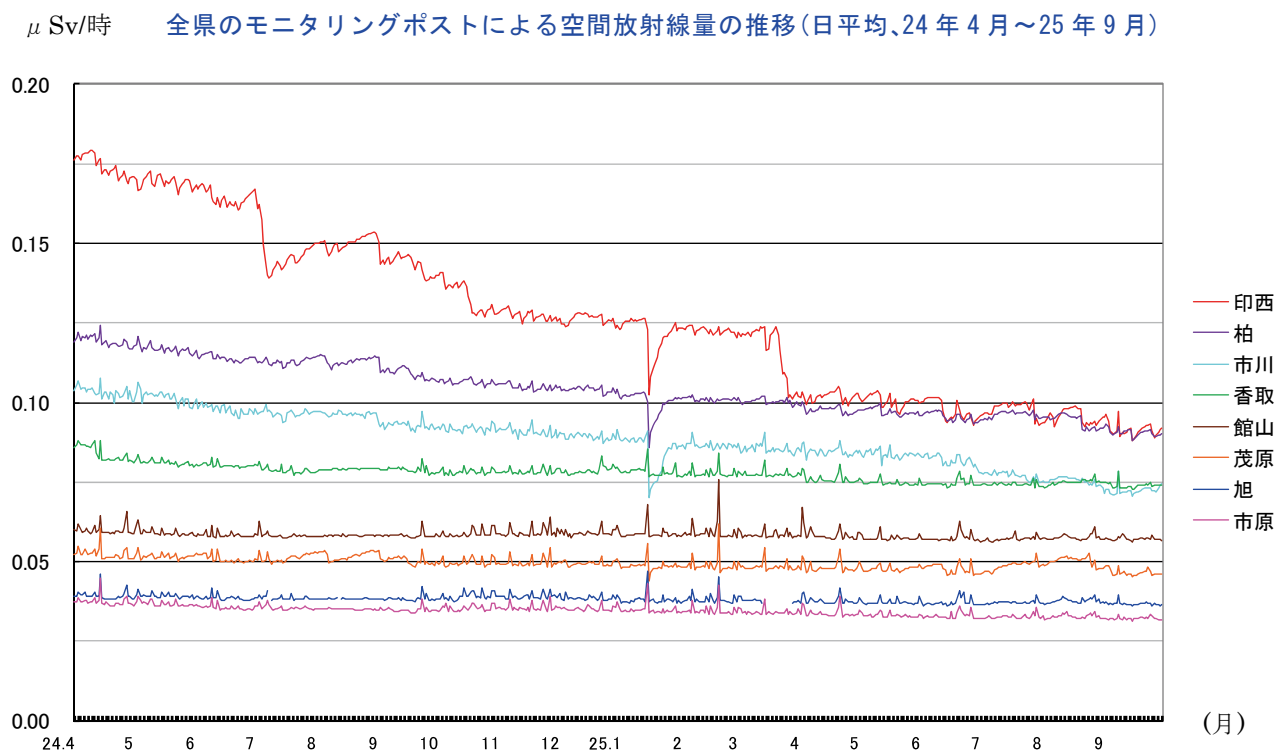


館山市に設置したモニタリングポスト

県環境研究センターに設置しているモニタリングポストにおける原発事故以前からの空間放射線量の推移を見ると、事故後は一時的に線量が高くなりましたが、25年9月末現在では、約0.03マイクロシーベルト毎時（ $\mu\text{Sv}/\text{時}$ ）程度まで低下しています。



また、原発事故後増設されたモニタリングポストを含めた、最近の全県での測定結果は、下図のとおり、いずれも減少傾向にあり、2年前の数値と比べて、時間の経過とともに線量は低くなっています。



2. 水環境中の放射能モニタリング結果

県では、原発事故後、水環境中の放射性物質について、海水浴場、手賀沼・印旛沼とその流入河川及び東京湾の水質及び底質のモニタリングを行っています。

これらの水環境の測定結果は、県水質保全課ホームページにおいて公表しています。

(<http://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/h23touhoku/kaisui/index.html>)

(1) 海水浴場のモニタリング

水質中の放射性ヨウ素、放射性セシウム (Cs-134、Cs-137) について、24年度は、67 海水浴場 69 地点(千葉市を除く) の上層水及び下層水について、開設前と開設期間中に調査を実施しました。

その結果、調査した全ての地点で「水浴場の放射性物質に関する指針 (環境省)」で示されている放射性セシウムの指針値 (10Bq/L : Cs-134 と Cs-137 の合計値) に適合していることを確認しています。

(2) 手賀沼・印旛沼流域における水質・底質モニタリング

手賀沼・印旛沼流域における放射性物質の実態や移動などの状況を、より詳細に把握するため、24年度は3回、水質及び底質のモニタリング調査を行いました。

- ・ 1回目 : 24年5月～7月
- ・ 2回目 : 24年12月～25年1月
- ・ 3回目 : 25年3月

ア 水質のモニタリング結果

放射性セシウム (Cs-134、Cs-137) は手賀沼流域・印旛沼流域の全ての地点で検出されませんでした。また、放射性ヨウ素 (ヨウ素-131) については、1回目の調査時に測定を行いました。が、水質・底質ともに検出されませんでした。

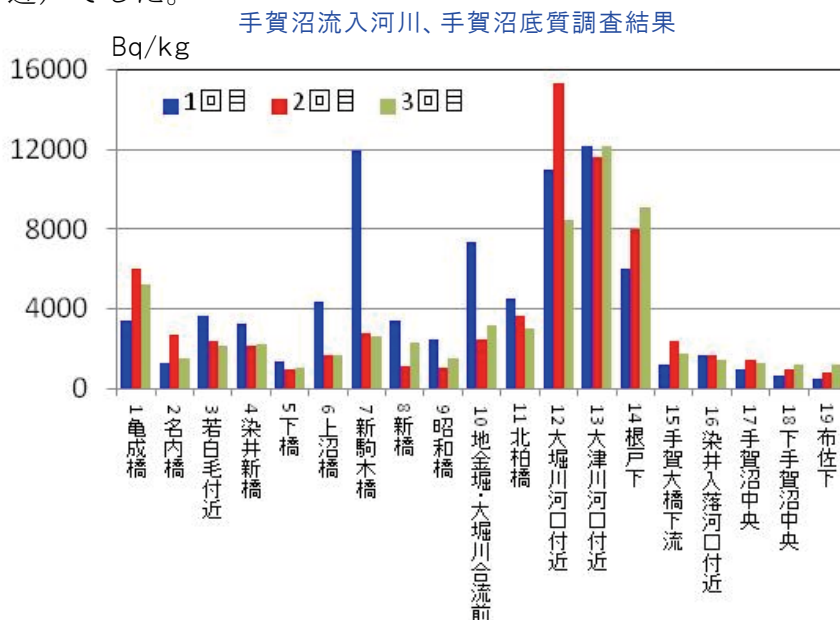
手賀沼流入河川、手賀沼調査地点

印旛沼流入河川、印旛沼調査地点



イ 手賀沼流域の底質のモニタリング結果 (Cs-134 と Cs-137 の合計値)

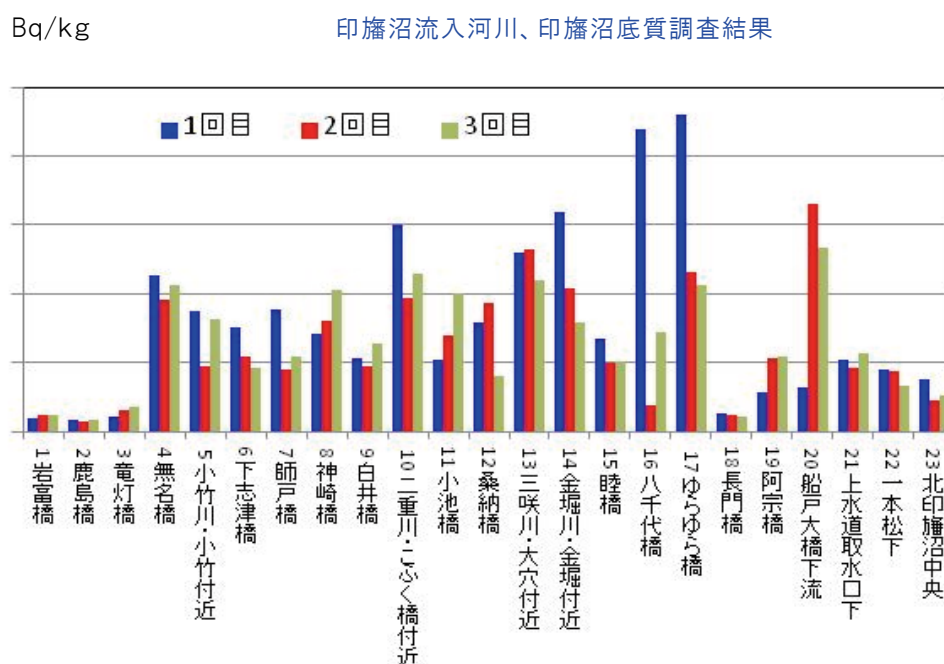
手賀沼流入河川*の1回目は1,290~11,900 ベクレル/kg (Bq/kg) (最大値は大堀川・新駒木橋)、2回目は960~6,000Bq/kg (最大値は亀成川・亀成橋)、3回目は1,040~5,200 Bq/kg (最大値は亀成川・亀成橋)、手賀沼内の1回目は540~12,200 Bq/kg (最大値は大津川河口付近)、2回目は790~15,300Bq/kg (最大値は大堀川河口付近)、3回目は1,220~12,200Bq/kg (最大値は大津川河口付近) でした。



* 手賀沼流入河川は、NO.1~11

ウ 印旛沼流域の底質のモニタリング結果 (Cs-134 と Cs-137 の合計値)

印旛沼流入河川*の1回目は176~4,600Bq/kg (最大値は印旛放水路・ゆらゆら橋)、2回目は153~2,640Bq/kg(最大値は三咲川・大穴付近)、3回目は174~2,290 Bq/kg (最大値は二重川・こぶく橋付近)、印旛沼内の1回目は570~1,050 Bq/kg(最大値は上水道取水口下)、2回目は450~3,300Bq/kg (最大値は船戸大橋下流)、3回目は520~2,680 Bq/kg (最大値は船戸大橋下流) でした。



* 印旛沼流入河川は、NO.1~18

エ まとめ

3回の調査で底質の放射性物質濃度は手賀沼流域の方が、印旛沼流域よりも高い傾向があること、上昇傾向にある地点と下降傾向にある地点が存在することがわかり、今後も引き続き放射性物質の動態を監視して行く必要があると考えられます。

なお、生活圏への影響については、底質の放射性物質は水底にあり、水で放射線が遮断されることから、極めて少ないと考えています。

(3) 東京湾における水質・底質モニタリング

東京湾全体の放射性物質の状況を把握するために、24年度は2回、水質及び底質のモニタリング調査を実施しました。

- ・1回目：24年6月
- ・2回目：25年2月

ア 水質のモニタリング結果

放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）は、全地点で検出されませんでした。

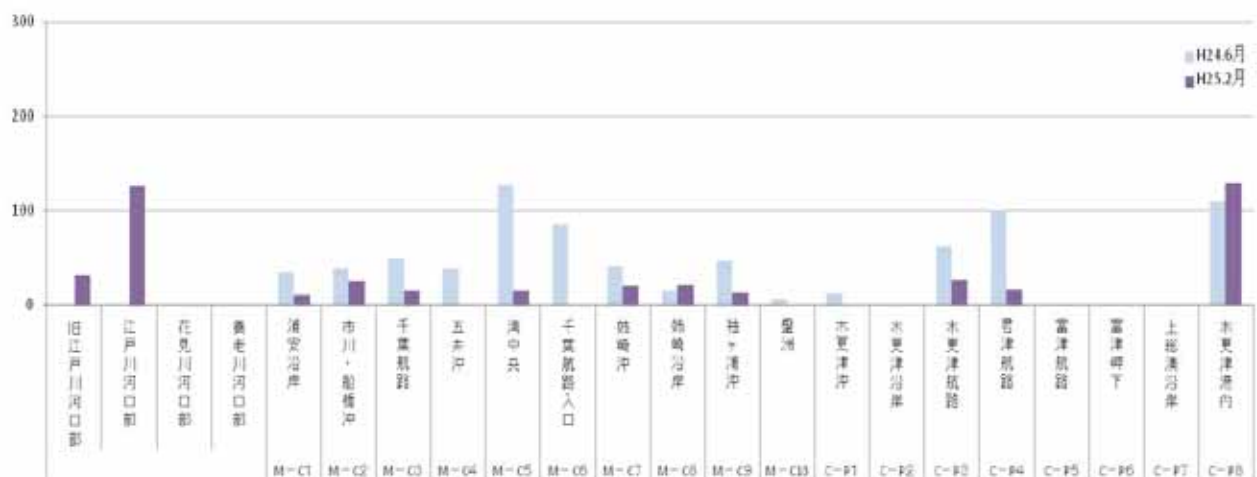
イ 底質のモニタリング結果

1回目は、18地点で調査を実施し、不検出～110 Bq/kg（最大値は木更津港内）、2回目は、新たに主要河川河口部4地点を追加した22地点で調査を実施し、主要河川河口部において、不検出～126 Bq/kg（最大値は江戸川河口部）、湾北部・中央部において、不検出～21 Bq/kg（最大値は姉崎沿岸）、内房海域等において、不検出～129 Bq/kg（最大値は木更津港内）の放射性セシウムが検出されましたが、海水からは、放射性物質が検出されていないこと、底質の放射性物質は水底にあり、海水で放射線が遮蔽されることから、生活圏への影響は極めて少ないと考えています。



東京湾調査地点図

Bq/kg 東京湾底質調査結果



3. 県環境研究センターにおける環境放射能調査

県環境研究センターでは、原発事故後、測定体制を強化するとともに、プロジェクト体制を組み、各研究室が共同して各種の調査を計画・実施しています。

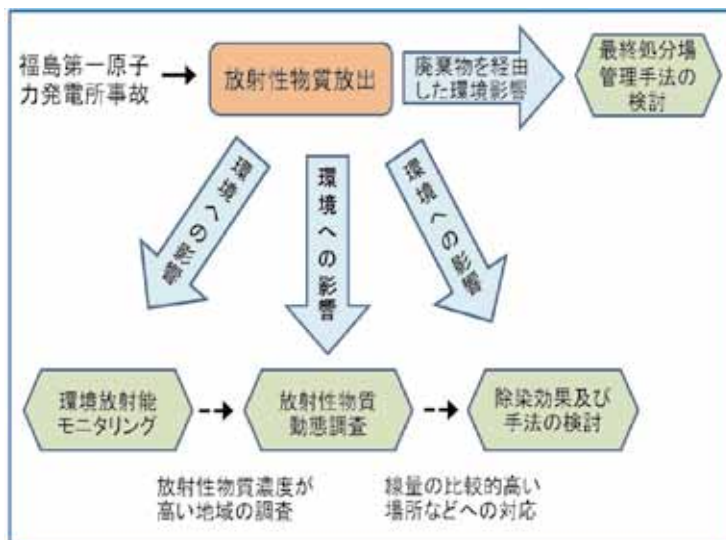
(1) 概要

現在、大気中の空間放射線量は原発事故以前の水準にかなり近くなっていますが、県北西部地域は比較的高い箇所もあり、今後、土壌等に沈着した放射性物質の河川・湖沼・海域の水・底質への移動・移行や、地表面下に浸透することによる影響を確認することが必要です。

そのため、環境研究センターでは右図に示した4つの調査を計画し、実施しています。

また、これらの調査を実施するため、測定体制の強化を行い、測定機器も整備しました。

環境研究センターでの環境放射能調査



(2) 測定体制の強化

ア ゲルマニウム半導体核種分析装置の増設

2台増設し、3台体制としました。この装置は、ガンマー(γ)線スペクトル(γ線のエネルギー特性)を測定して、放射性核種(放射線を出している原子の種類)を同定する装置です。

イ 可搬型モニタリングポストの導入

γ線量率を測定する装置で、自動車等に搭載して移動測定を行うことのできる装置です。

調査対象地域のγ線の状況を迅速に測定し、地域の放射能汚染状況を把握します。

ウ ハンディオスライサー採土器の導入

土壌や地層サンプルを採取する機器です。



ゲルマニウム半導体核種分析装置



可搬型モニタリングポスト



ハンディオスライサー採土器

(3) 各調査の概要と24年度の結果

ア 環境放射能モニタリング

県北西部地域において、土壌を対象に放射性物質濃度を継続的にモニタリングします。

地層は深度別に採取し、各深度の放射性物質濃度を測定し、放射性物質の地中への移動を把握しています。

24年度は、千葉市と野田市において、表層から深度方向への放射性セシウムの分布を測定しました。福島原発事故由来である半減期2年のセシウム¹³⁴について注目すると、千葉市では深度6～7cmまで、野田市では深度9.5～11cmまで確認できました。

一方、半減期30年のセシウム¹³⁷については、これより深い部分で確認でき、これは、福島原発事故以前から存在していたものと考えられます。

イ 放射性物質動態調査

環境省・県が行った水質及び底質の調査では、手賀沼・印旛沼流域の河川及び沼の底質に比較的高い濃度の放射性セシウムが含まれていることが判明しています。

このため、この流域からモデル地区を選定し、空間放射線量を詳細に測定するとともに、沼及び流入河川の水質・底質の放射性物質を詳細に調査し、沼内底質については、深度別に鉛直方向の測定を24年度末から行っています。

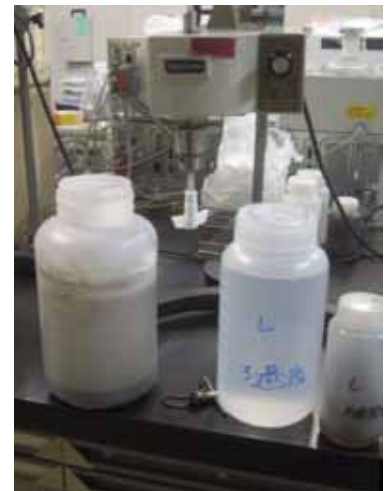
ウ 最終処分場管理手法の検討

焼却灰等の溶出試験を行い、放射性物質濃度の溶出の状態を把握するとともに、ゼオライト等の吸着効果のあるものと混合し、溶出抑制効果の検討を行い、最終処分場の維持管理手法に係る知見を得ます。

24年度は、放射性物質を含む汚泥及び焼却灰を埋立処分している県内の管理型最終処分場3か所について、毎月、処分場の空間放射線量及び放流水等の放射性セシウム濃度を測定しました。

処分場の排水処理施設の処理前及び処理後の水の放射性物質の濃度は、すべて国が示した放射性物質の濃度限度*以下でした。

また、空間放射線量は、全ての処分場において、「放射性物質汚染対処特措法」の基本方針で示されている年間被ばく量が1mSv(1,000μSv)に相当する0.23μSv/時を超える放射線量は測定されませんでした。



焼却灰の分析

$$* \text{排水中の放射性セシウムの濃度限度} = \frac{{}^{134}\text{Csの濃度 (Bq/L)}}{60 \text{ (Bq/L)}} + \frac{{}^{137}\text{Csの濃度 (Bq/L)}}{90 \text{ (Bq/L)}} \leq 1$$

エ 除染効果及び手法の検討

「千葉県放射性物質除染実施プラン」において、除染対象とされた県管理施設の中から、異なる利用形態の施設を選定し、除染前後の空間放射線量の測定や、堆積物・土壌の放射能分析を行い、除染の効果や手法についてまとめました。

我孫子市にある手賀沼親水広場では、空間放射線量の測定を24年2月に実施し、 $0.23 \mu\text{Sv}/\text{時}$ を超える地点を確認しました。

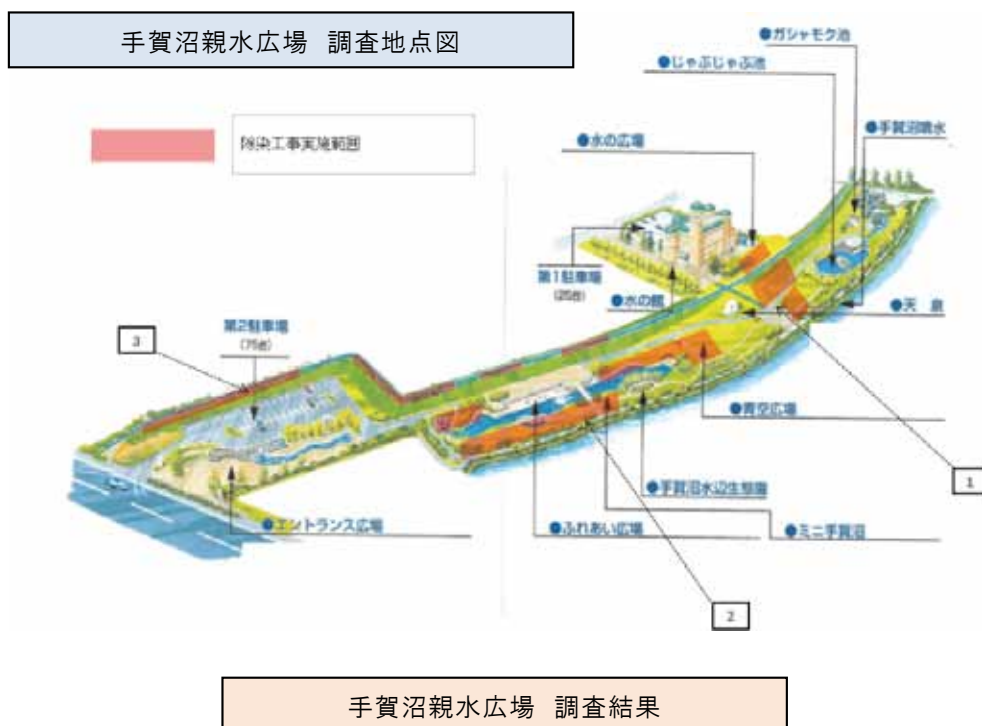
さらに、除染対象区域を確定するため、24年6月に詳細測定を実施しました。

測定の結果、空間放射線量が「千葉県放射性物質除染実施プラン」において除染対象としている $0.23 \mu\text{Sv}/\text{時}$ 以上となった区域（調査地点図中の赤い網掛け部分）については、現地に掲示等を行うとともに、「除染関係ガイドライン（環境省）」に基づき、除染を行いました。

県環境研究センターでは、除染の効果を把握するため、除染直前、直後の放射線量を測定し、除染により、 $0.23 \mu\text{Sv}/\text{時}$ を下回ったことを確認しました。



手賀沼親水広場での調査



手賀沼親水広場 調査結果

番号	測定区域 (測定箇所数)	測定値 ($\mu\text{Sv}/\text{時}$)				低減率* (%)	地面の 形状	除染の 方法
		除染前	測定日 天候	除染後	測定日 天候			
1	青空広場 (9箇所)	0.24	24年 10月25日 曇り	0.13	25年 3月21日 晴れ	55	芝生	深刈り
2	ミニ手賀沼周辺 (5箇所)	0.24		0.14		50		
3	堤防上 (西側) (9箇所)	0.23		0.11		63	ウレタン	削り取り

*低減率の算出については、大地からの自然放射線量率 $0.04 \mu\text{Sv}/\text{時}$ （バックグラウンド値）を差し引いた。

4. 県民向け放射能講座の開催

県環境研究センターでは、県民の方々の放射能汚染への不安、疑問等にお応えするため、当センター市原地区において、環境放射能測定棟の見学や、放射能に関する講座を開催しました。24年度に実施した放射能関連の施設見学は14回、講師派遣は8回でした。

また、公開講座は、市販されている簡易測定器の正しい使い方と測定結果の解釈などを中心に3回開催しました。



放射能測定棟屋上の見学



研修室での講義



簡易測定器の説明

5. 液状化 —流動化メカニズム解明に関する研究—

(1) 液状化—流動化現象の分布と地質

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震とその余震(以下「太平洋沖地震」という。)により、県内の広範囲で地殻変動による数cmの沈降がみられただけでなく、写真1-1、1-2のように埋立地を中心に液状化—流動化現象により数十cmもの局所的な地表面の沈下や地波(地面の波うち)、多量の噴砂・噴水のほか、家屋などの低層構造物や地上・地下ライフラインに大きな被害が生じました。

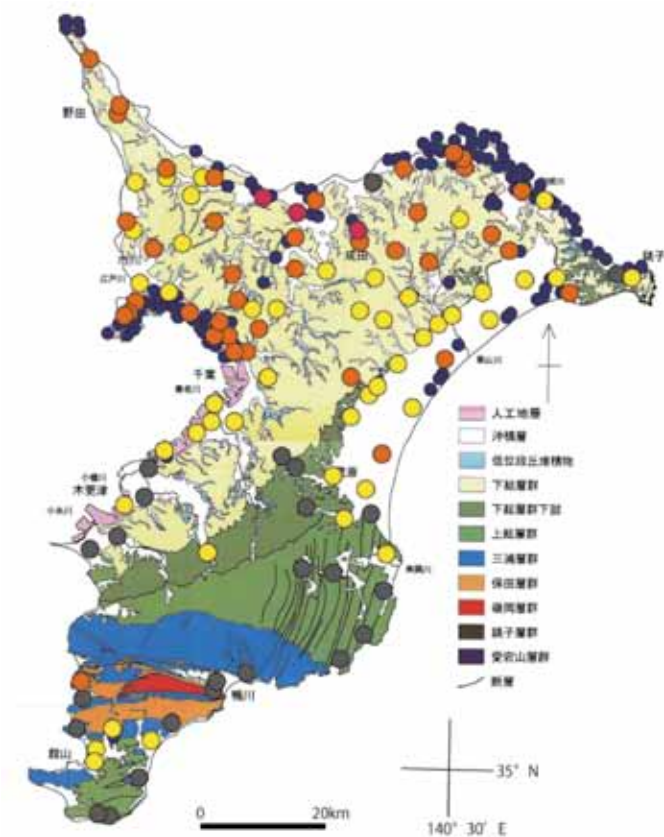


写真1-1 浦安市日の出町 歩道の地波



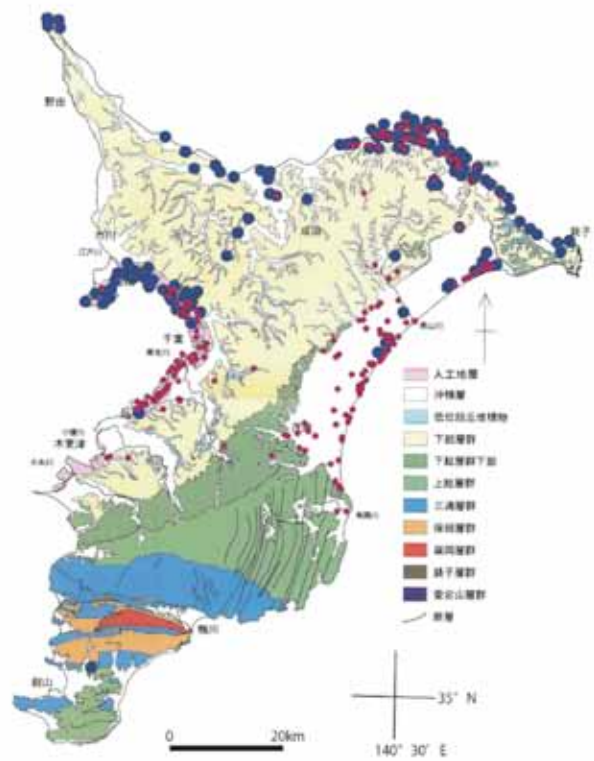
写真1-2 千葉市美浜区磯辺 道路とフェンスの局所的な沈下

県内での液状化—流動化現象は、図1-1、1-2に示すように、東京湾岸埋立地の北部、利根川低地の旧河道や湖沼の埋立地、九十九里平野の北部(砂鉄採取跡地や旧河道などの埋立・盛土地)を中心に発生しました。埋立地や盛土地などの人工地層は県内には他にもありますが、今回の地震では震度5強以上の強い揺れのあった人工地層分布域で同じ現象が発生しています。



計測震度観測点の震度階
● 6弱 ● 5強 ● 5弱 ● 4

● 液状化—流動化現象発生地点



● 太平洋沖地震時の液状化—流動化現象発生地点

● 東方沖地震時の液状化—流動化現象発生地点

図 1-1 太平洋沖地震本震時の揺れと液状化—流動化現象の分布（北東部は最大余震時には5強のゆれであった。）

図 1-2 東方沖地震時と太平洋沖地震時での液状化—流動化現象の分布（太平洋沖地震では北部で再び同じ地点で同現象が発生した。）

また、昭和 62 年の千葉県東方沖地震（以下「東方沖地震」という。）時に液状化—流動化現象がみられた地点では、再び今回の地震でも同じ現象が発生しました。しかし、今回の地震はその規模や揺れも大きかったこともあり、液状化—流動化の範囲は広範囲となり、地表面の著しい沈下を伴い深刻な被害となりました。

（2）液状化—流動化現象の分布と地質構造

広大な埋立地が広がる東京湾岸埋立地では、液状化—流動化現象の指標の一つである噴砂は、数十 m も連続して分布している場合が多く、ちょうど大きなまだらのように分布しました。

また、このようなまだら状の噴砂は幅500m程度・長さ数kmの帯状に連なっていました。（図 1-3）

千葉県地質環境インフォメーションバンクに登録されているボーリングデータなどを参考に地質構造を推定すると、この埋立地の下には、最終氷期の際に海面が低下し、洪積層の下総層群が浸食されることにより谷が形成され、その後間氷期になり縄文海進による海面上昇の結果、この谷に軟らかな沖積層が厚く堆積し、この軟らかな沖積層が厚い部分が、ちょうど帯状に連なる噴砂の分布と関連することが明らかとなりつつあります。軟らかな地層が厚い部分では地震動も増幅しやすい可能性が高いことから、効果的な予防対策を検討するため、このような部分の噴砂がみられた地点等において、地中から地上への揺れの増幅や液状化—流動化を直接引き起こす地下水圧の上昇のしかたを観測し、データを公表していく予定です。

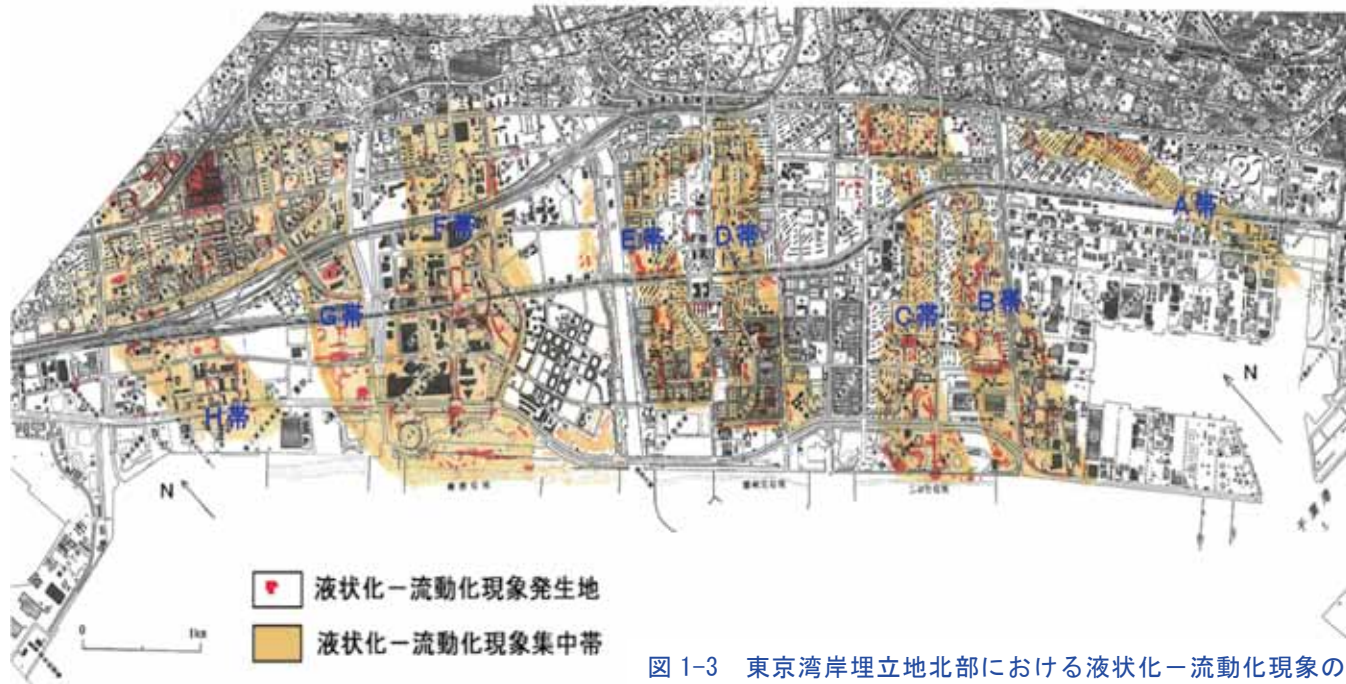


図 1-3 東京湾岸埋立地北部における液状化－流動化現象の分布

(3) 液状化－流動化に伴う地表面の沈下の状況

現地調査から、同じ埋立地でも液状化－流動化に伴う地表の変形の程度は大きく異なっており、その分布の状況を明らかにするため、平面図（図 1-4）を作成しました。地表面の変形の状況は、数 m 離れただけで 30cm 以上も沈下量が変わることもあり（写真 1-2）、局所的な現象であることがしばしば確認されました。このような著しい地表面の変形は、過去の地震時の液状化の調査でも例がありません。

千葉県美浜区の中磯部公園では、東方沖地震時にも一部で直線状に並ぶ噴砂がありました。調査の結果、噴砂列に直交する方向の地質断面構造を図 1-5 のとおり得ることができました。

この地震時には、人工地層中の砂層の一部で液状化－流動化が発生し、厚い砂層部分と泥層部分の境界に沿

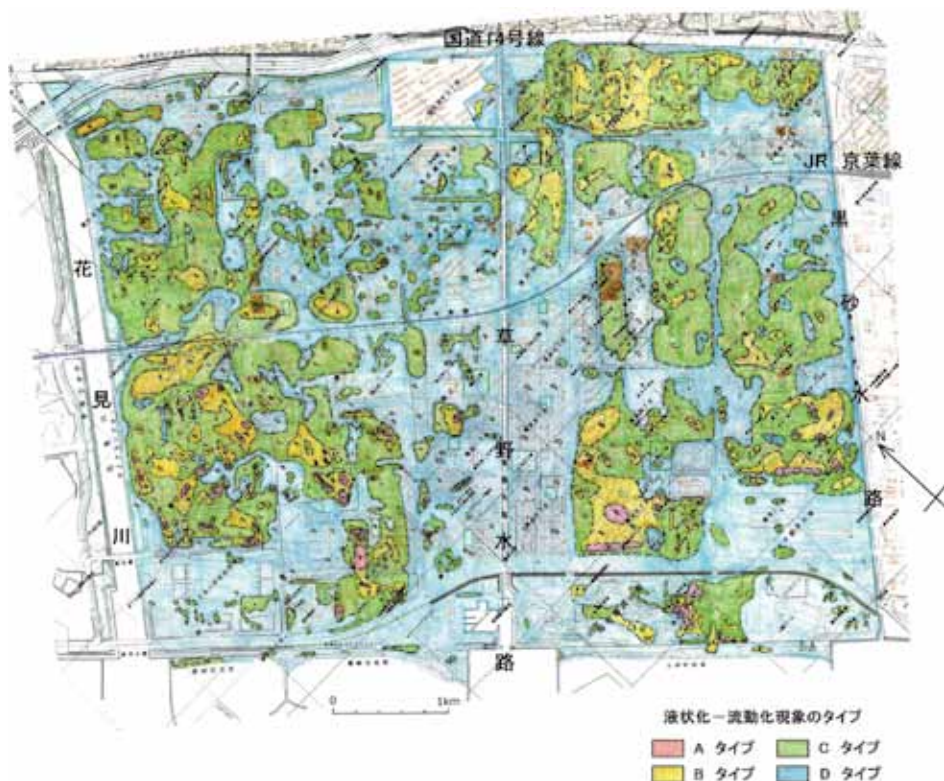


図 1-4 千葉県美浜区中央部での地表面の変形の詳細分布

(A タイプ：地表面に 30～50cm 程度の変形がみられる。B タイプ：地表面に 10～20cm 程度の変形がみられる。C タイプ：地表面に数 cm 程度の変形がみられる。D タイプ：地表面の変形はみられない。)

って噴砂が生じていることがわかりました。太平洋沖地震時には、まったく同じ場所で噴砂があっただけでなく、砂層分布域全体から噴砂・噴水が生じ、その後、数十 cm も沈下し、大きな池のようになりました。(写真 1-3)

この一方で、厚い泥層部分は地表の変形はほとんどみられませんでした。

これらはいくまで、一例にすぎませんので、今後、今回のような被害の予防を検討するため、地表面の変形の大きな部分から小さな部分にかけて、地層をそっくりそのまま採取し、どのような地層が液状化し、引き続く流動化により噴砂・噴水が生じ、沈下に至ったのかを明らかにする地層断面調査を行い、公表していく予定です。



写真 1-3 千葉市美浜区 中磯部公園 (太平洋沖地震による液状化—流動化に伴う多量の噴砂・噴水と沈下)

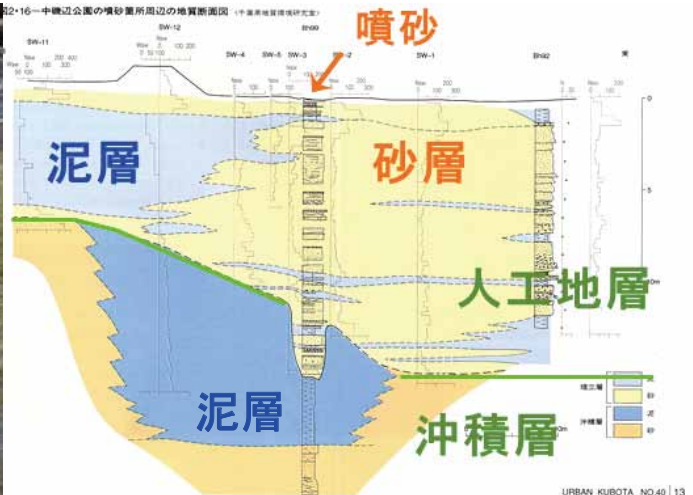


図 1-5 千葉市美浜区 中磯部公園 (東方沖地震による液状化—流動化現象の機構解明の結果得られた地質断面) (出典：アーバンクボタ 40 号)

(4) これまでわかってきた液状化—流動化現象

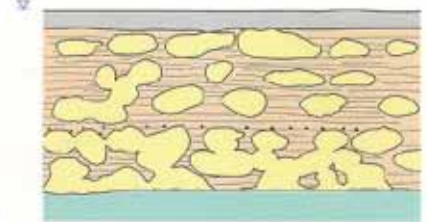
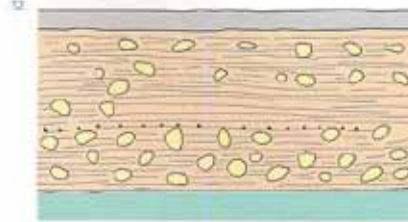
東方沖地震の際も、液状化—流動化現象が発生し、そのメカニズム解明のためのトレンチ調査 (深さ約数 m 程度の溝 (トレンチ) を掘り、その壁面にみられる地層の観察を行うこと) を行った結果、図 1-6 のとおり、液状化に引き続き流動化も発生していることが明らかになってきました。

今回、同地区においてみられた再液状化や著しい沈下は、このメカニズムが原因の一つと考えられ、効果的な対策を検討するためにも、今後、地層断面調査を行い、これらのメカニズムを解明し、公表する予定です。

A 地震前:埋立層はラミナ模様*がみられる砂層で泥質分を含む。地下水位は高く地表下 30~40cm にある。

B 地震動が起き間隙水圧が上昇、地下水位は地表面近くに上がる。斑点状に液状化が始まり、砂層のラミナが消える。

C 地震動が続き水圧は高い。点状に溶けた部分がつながり始め、体積を増やし動きが激しくなる。



D 水圧はさらに高まり地下水位は地表面を超える。液状化した地層が地下水と混じって流動化し、地表から噴出し始める。

E 水圧は依然高い、噴き出し口は対流運動によって側壁を崩しながら大きくなり、大量の地下水が噴き出る。

F 地震動がおさまり水圧が減少し、地下水位は下がる。噴砂孔からの噴出は次第におさまり噴砂孔内の地層が沈殿する。

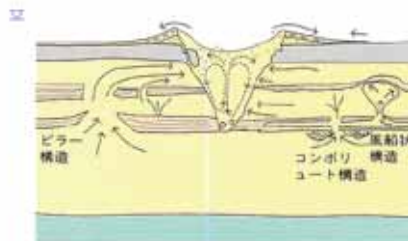
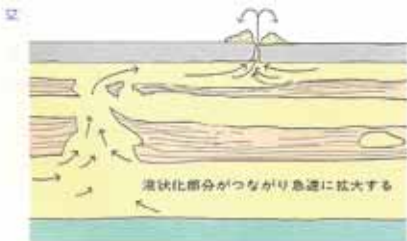


図 1-6 トレンチ調査の結果一部明らかになってきた液状化-流動化のプロセス (出典:アーバンクボタ 40 号)

* ラミナ模様:地層が堆積するときに見える模様。地層粒子の直径と水流の速さによって模様の形態は異なる。

(5) 産業技術総合研究所との共同研究

利根川下流低地において、現在、産業技術総合研究所と県環境研究センターは共同で調査を行っています。

ここでは、オールコアボーリング*により液状化した層準(地質層序上のある特定のレベル)の判定や、トレンチ調査による液状化-流動化メカニズムの解明を行っています。今後これらの結果も公表される予定です。

* オールコアボーリング:ボーリングの種類の一つ。地盤調査で行う貫入試験ボーリングとは異なり、地層をそっくりそのまま円筒形に採取することができる。その断面を観察することで液状化-流動化部分を特定できる。