

女川原子力発電所2号炉
液状化影響の検討方針のうち
2011年東北地方太平洋沖地震における沈下実績について
(審査会合での指摘事項に対する回答)

平成30年11月6日
東北電力株式会社

1. 審査会合での指摘事項
2. 指摘事項に対する回答

1. 審査会合での指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
1	H30.5.22	3. 11地震前後の岩着構造物に係る変位量の測定について、測定ルート、水準点の変更等、測定方法の変更点を整理した上で、測定結果に対する考察を深め、変位量に変動が生じた理由を提示すること。	3

2. 指摘事項に対する回答

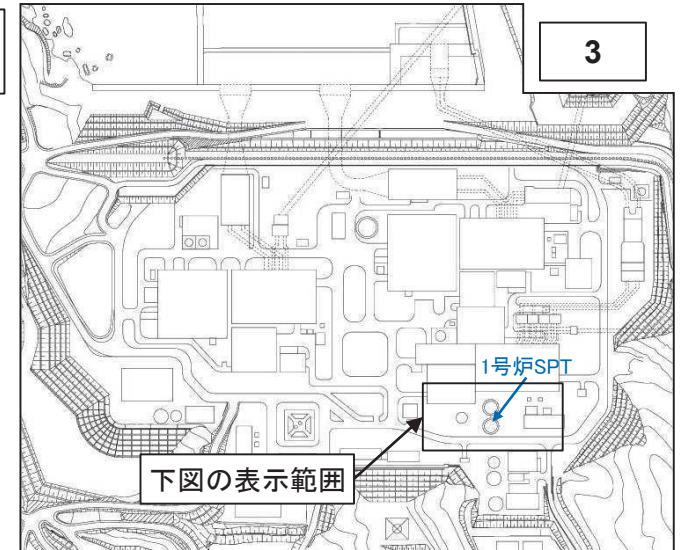
地震後の岩着構造物の沈下について(1号炉SPT)

第574回審査会合 (H30.5.22)
資料2-1-3 p14 再掲

2011年東北地方太平洋沖地震による岩着構造物(杭基礎を含む)の沈下影響を確認するため、1号炉SPT基礎(サプレッションプール水貯蔵タンク基礎:杭基礎)、2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)(岩着)及び3号炉泡消火設備基礎(杭基礎)について、同地震を挟み2007年から2018年までの測量データを2007年に対する鉛直変位量で整理した。

【1号炉SPT(サプレッションプール水貯蔵タンク)基礎】

- 1号炉SPT基礎は、2011年東北地方太平洋沖地震による沈下は生じておらず、2007年以降、±約10mm内で推移している。
- 1号炉SPT基礎は、杭基礎構造であることから、沈下しなかったものと考えられる。



2007年2月に対する鉛直変位量(mm)

#1SPT	2007年 2月	2008年 2月	2009年 2月	2010年 2月	2011年 2月	2011年 3月	2013年 2月	2014年 2月	2015年 2月	2016年 2月	2017年 2月	2018年 2月
①	0	-8	-8	-1	1	-2	0	-3	-3	4	4	-1
②	0	1	1	-1	1	-1	-3	1	-1	10	5	-2
③	0	1	1	-1	2	-2	-3	1	-2	1	4	-2
④	0	0	0	-1	0	-2	-1	-3	-3	3	2	-3

東北地方太平洋沖地震

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



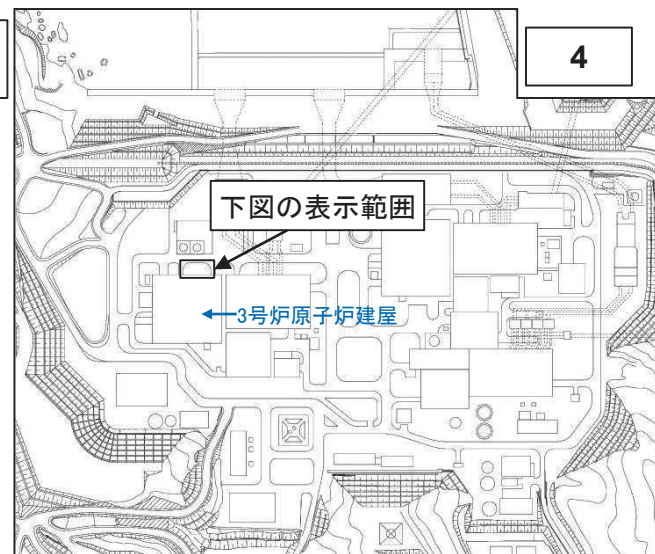
2. 指摘事項に対する回答 地震後の岩着構造物の沈下について(3号炉泡消火設備基礎)

第574回審査会合(H30.5.22)
資料2-1-3 p16 再掲

2011年東北地方太平洋沖地震による岩着構造物(杭基礎を含む)の沈下影響を確認するため、1号炉SPT基礎(杭基礎)、2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)(岩着)及び3号炉泡消火設備基礎(杭基礎)について、同地震を挟み2007年から2018年までの測量データを2007年に対する鉛直変位量で整理した。

【3号炉泡消火設備基礎】

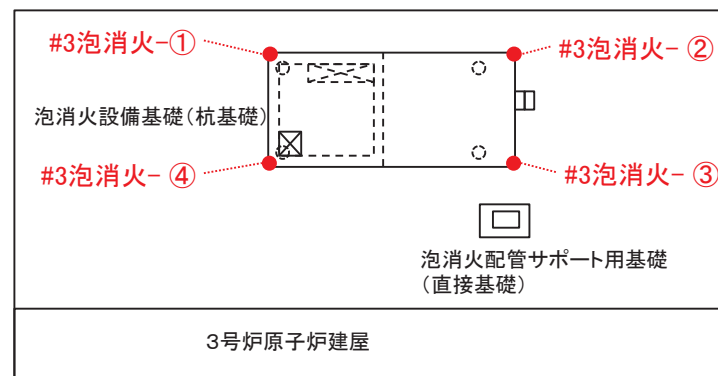
- 3号炉泡消火設備基礎は、2011年東北地方太平洋沖地震による沈下は生じておらず、2007年以降ほとんど変位していない。
- 3号炉泡消火設備基礎は、杭基礎構造であることから、沈下しなかったものと考えられる。



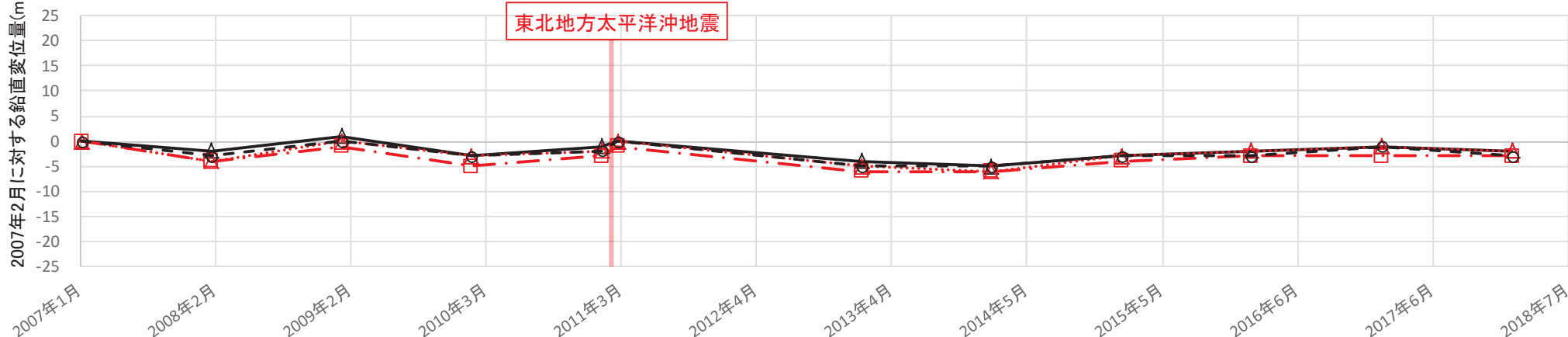
2007年2月に対する鉛直変位量(mm)

#3泡消火	2007年 2月	2008年 2月	2009年 2月	2010年 2月	2011年 2月	2011年 3月	2013年 2月	2014年 2月	2015年 2月	2016年 2月	2017年 2月	2018年 2月
①	0	-2	1	-3	-1	0	-4	-5	-3	-2	-1	-2
②	0	-4	0	-3	-2	0	-5	-6	-3	-2	-1	-2
③	0	-4	-1	-5	-3	-1	-6	-6	-4	-3	-3	-3
④	0	-3	0	-3	-2	0	-5	-5	-3	-3	-1	-3

東北地方太平洋沖地震



—▲— #3泡消火-① -△- #3泡消火-② -□- #3泡消火-③ -●- #3泡消火-④



2. 指摘事項に対する回答 地震後の岩着構造物の沈下について(2号炉海水ポンプ室)

第574回審査会合(H30.5.22)
資料2-1-3 p15 一部修正

5

2011年東北地方太平洋沖地震による岩着構造物(杭基礎を含む)の沈下影響を確認するため、1号炉SPT基礎(杭基礎)、2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)(岩着)及び3号炉泡消火設備基礎(杭基礎)について、同地震を挟み2007年から2018年までの測量データを2007年に対する鉛直変位量で整理した。

【2号炉海水ポンプ室】

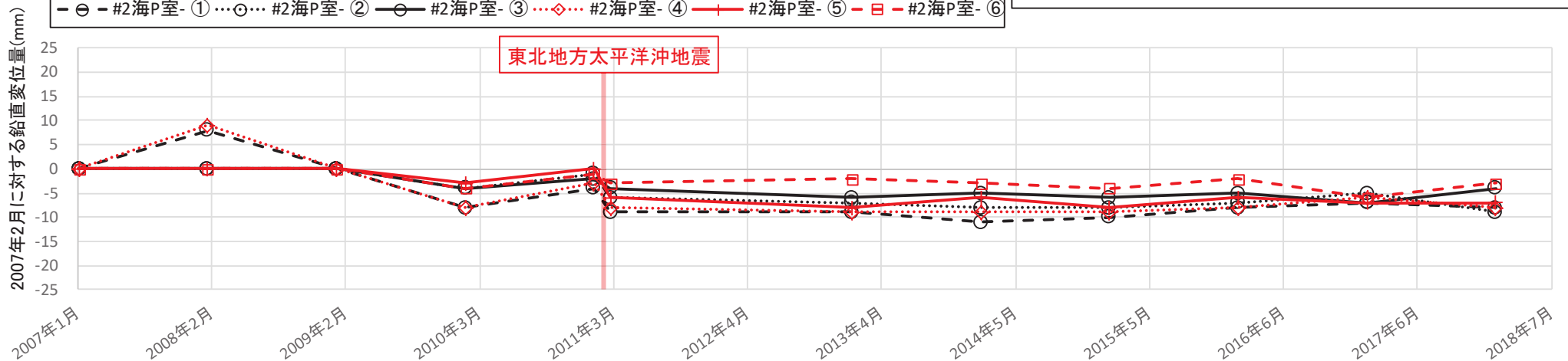
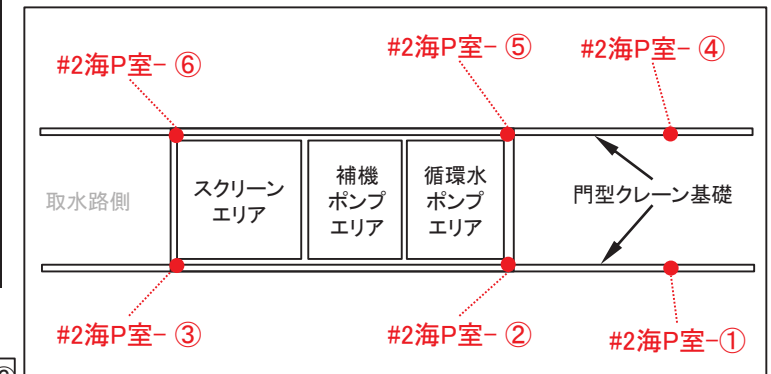
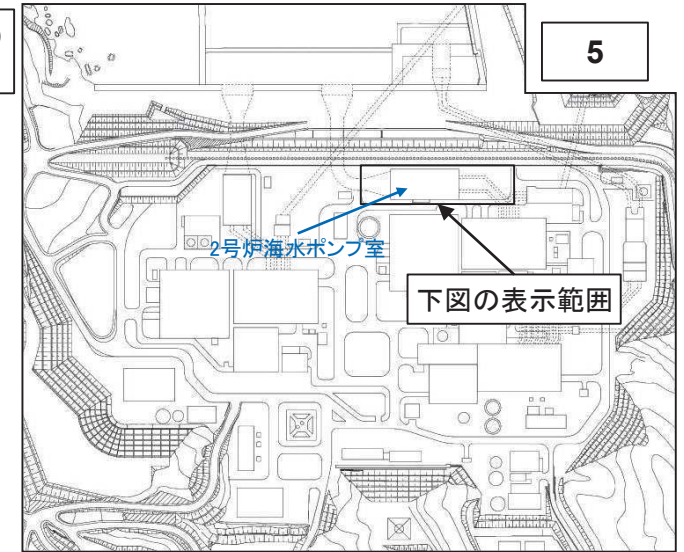
- 2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)は、2011年東北地方太平洋沖地震による沈下は生じておらず、2007年以降、±約10mm内で推移している。
- 2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)は、岩着構造であることから、沈下しなかったものと考えられる。

なお、2011年東北地方太平洋沖地震前後において、数mm程度の鉛直変位が生じている可能性があることから、その要因について検討を行った(次頁以降)。

2007年2月に対する鉛直変位量(mm)

#2海P室	2007年 2月	2008年 2月	2009年 2月	2010年 2月	2011年 2月	2011年 3月	2013年 2月	2014年 2月	2015年 2月	2016年 2月	2017年 2月	2018年 2月
①	0	8	0	-8	-4	-9	-9	-11	-10	-8	-7	-8
②	0	0	0	-4	-1	-6	-7	-8	-8	-7	-5	-9
③	0	0	0	-4	-2	-4	-6	-5	-6	-5	-7	-4
④	0	9	0	-8	-3	-8	-9	-9	-9	-8	-6	-8
⑤	0	0	0	-3	0	-6	-8	-6	-8	-6	-7	-7
⑥	0	0	0	-4	-1	-3	-2	-3	-4	-2	-6	-3

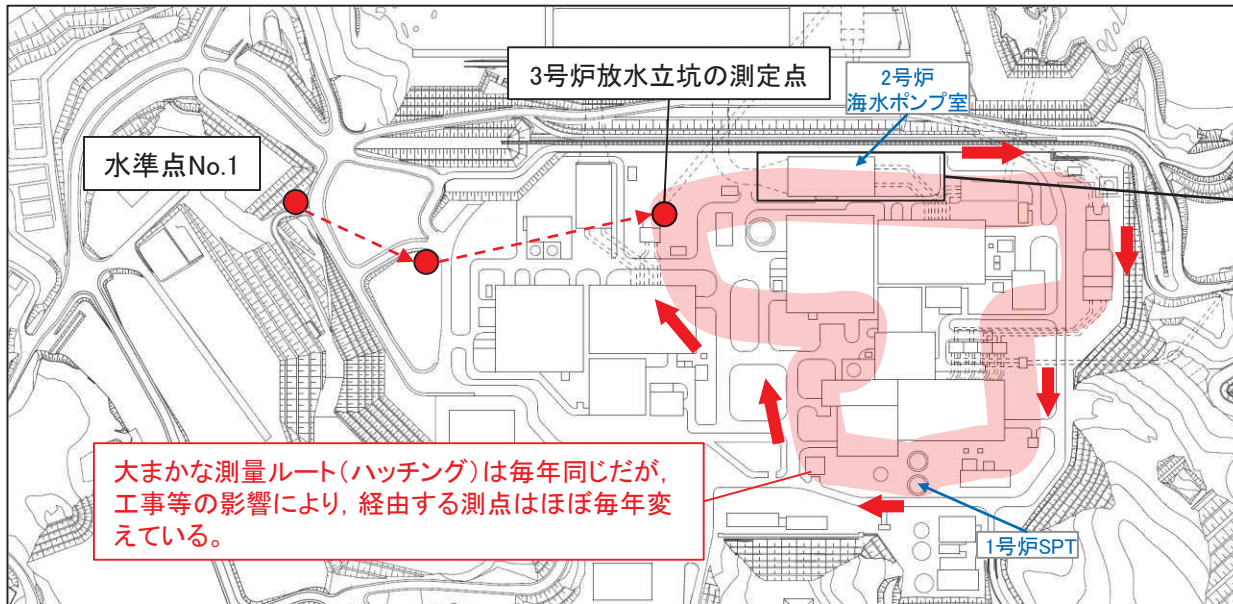
東北地方太平洋沖地震



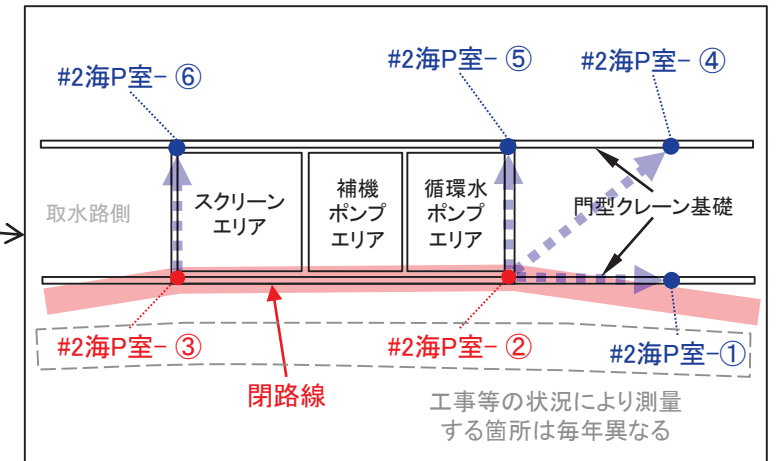
【測量ルートの変更に伴う影響について】

- 左下図に示すとおり3号炉放水立坑を基点に2号炉及び1号炉を囲むように測量(閉路線)を実施している。
- 2号炉海水ポンプ室の測量については、この測量(閉路線)で得た測点を基点に、右下図のようにそれぞれの測点を測量している。
- これらの測量ルートは、東北地方太平洋沖地震前後において大きな変更はない(下図の赤ハッチング内)ものの、測量する測点は工事等の状況によって異なる。

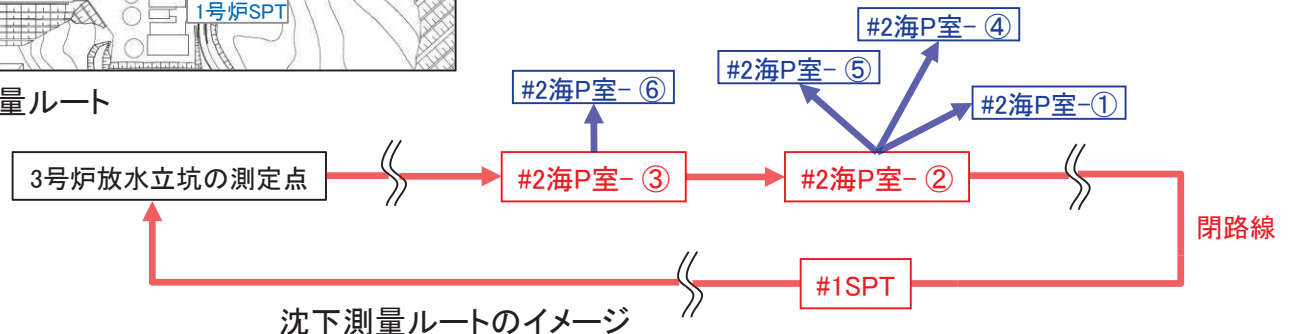
- 測量の順番として、1号炉SPT基礎よりも2号炉海水ポンプ室を先に測量していることから、仮に2号炉海水ポンプ室で測量誤差が生じているとすれば、1号炉SPT基礎も同様の誤差が生じていることになるが、測量結果はそうになっていない。
- したがって、2号炉海水ポンプ室で生じている数mm程度のギャップは測量ルートによる影響ではないと判断できる。



1・2号炉関連の構造物の沈下測量ルート



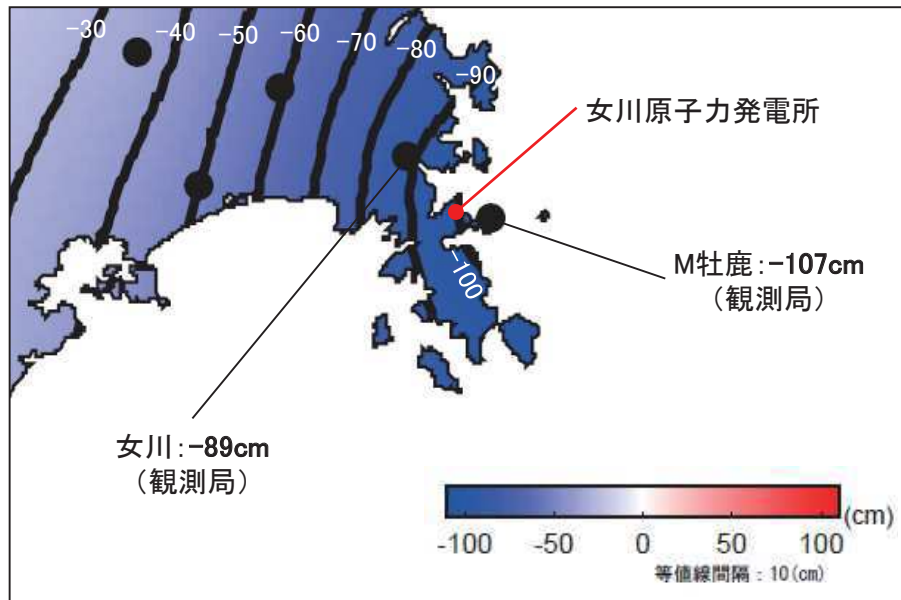
大まかな測量ルート(ハッチング)は毎年同じだが、工事等の影響により、経由する測点はほぼ毎年変えている。



沈下測量ルートのイメージ

【東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動(上下)】

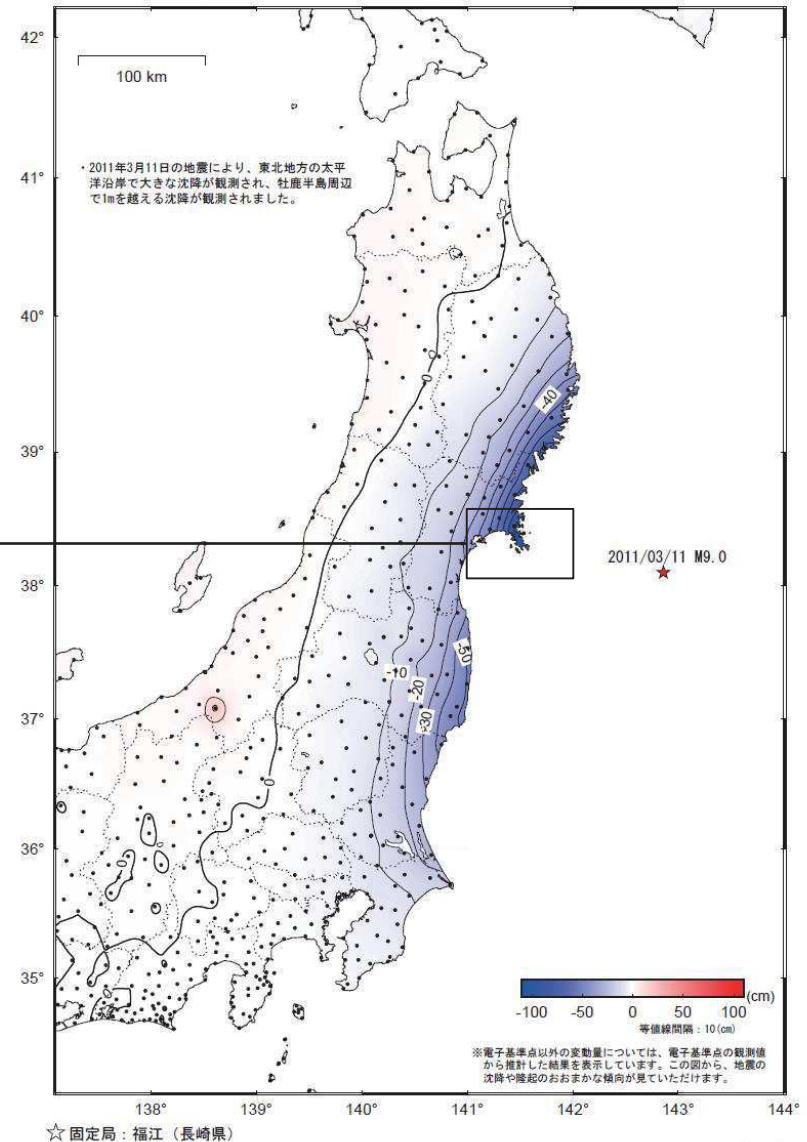
- 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北地方太平洋沿岸で大きな沈降が観測され、牡鹿半島周辺では1mを越える沈降が観測された。
- 女川原子力発電所は、地殻変動-100cmのコンター上にほぼ位置しており、コンターの線形から東側で沈降量が大きく、西側で沈降量が少ない傾向があると考えられる。
- なお、女川(観測局:-89cm)からM牡鹿(観測局:-107cm)は約9km離れていることから、その間の地殻変動の勾配は約2cm/kmとなる。一方、女川原子力発電所の敷地内(O.P.+13.8m盤)の北西-南東方向(女川-M牡鹿の方向)は約600mであることから、上記の勾配を考慮すると、敷地内では約12mmの標高差が生じていることに相当する。



東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 前後の地殻変動 (上下) 一本震前後一

基準期間: 2011/03/10 -- 2011/03/10 [F3:最終解]

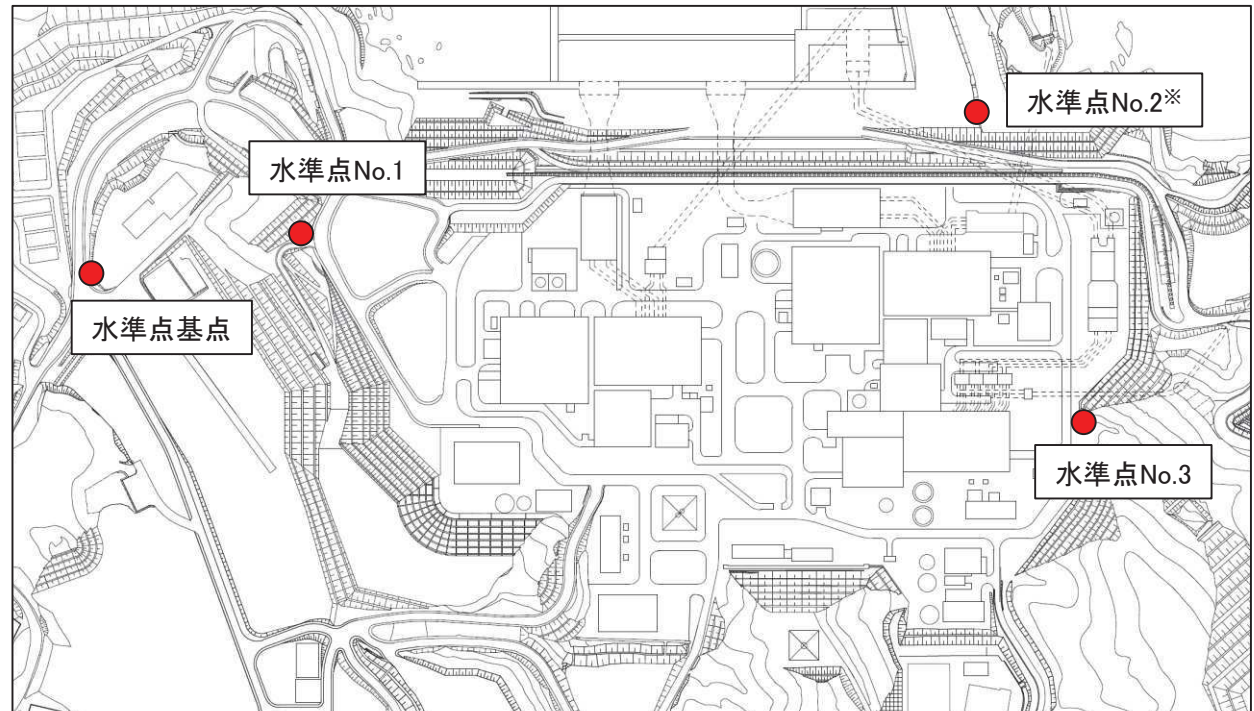
比較期間: 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3:最終解]



国土地理院

【東北地方太平洋沖地震前後の地盤変位量】

- 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震前後における地盤変位量を把握するため、構内の水準点(4点)を対象に水準測量を実施した。測量を実施した基準点の位置を右図に、測量結果による構内水準点標高の経年変化を下表に示す。
- 地震後の測量(平成23年11月)では、敷地内の地盤変位量は、全水準点においてほぼ同値(約1m沈降)であり、不等沈下の影響はなく、一様に変位していることを確認した。なお、水準点によっては他の水準点と比べてわずかな差があるものの、その差は1cm程度となっている。
- また、至近の測量(平成29年4月)では、前回(平成23年11月)に比べ約30cm隆起していることを確認した。なお、同年4月7日に宮城県沖で地震(M7.4)が発生したが、前回(平成23年11月)の測量結果はこの地震の影響も含まれていると考えられる。



水準測量実施位置図

【津波防護設計における地殻変動量の考慮】

- 津波防護設計においては、約1mの沈降が発生していることを考慮した設計とし、敷地高さや施設高さ等に沈降量を考慮することとする。
- なお、東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動により隆起傾向にある。そのため、津波が取水口敷高を下回る時間が長くなることから、影響の程度を確認する。

※1 構内の水準点のうち、水準点基点については、石巻市荻浜に設置されている国土地理院の一等水準点(5639)から2級水準測量により観測したものであり、水準点No.1～3については、水準点基点から2級水準測量により観測したものである。

※2 水準点No.2については、防潮堤かさ上げ工事に伴い撤去。

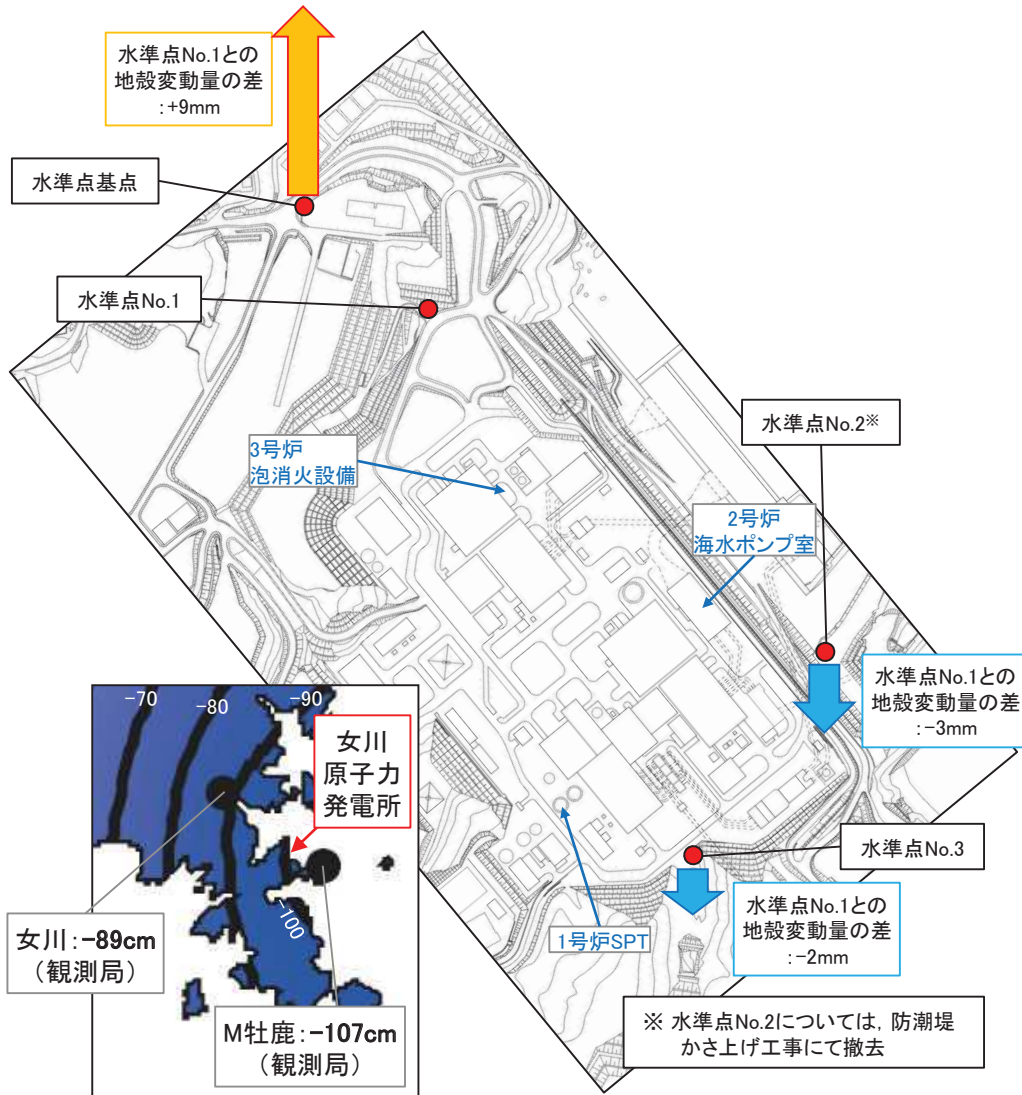
表 構内水準点標高の経年変化(2級水準測量)※1

測点	地震前(A) 平成23年2月	地震後(B) 平成23年11月	地震後(C) 平成29年4月	地盤変位量 (B-A)	地盤変位量 (C-B)
水準点 基点	O.P.+58.226m (T.P.+57.486m)	O.P.+57.264m (T.P.+56.524m)	O.P.57.572m (T.P.56.832m)	-0.962m	0.308m
水準点 No.1	O.P.+27.223m (T.P.+26.483m)	O.P.+26.252m (T.P.+25.512m)	O.P.26.559m (T.P.25.819m)	-0.971m	0.307m
水準点 No.2	O.P.+14.759m (T.P.+14.019m)	O.P.+13.785m (T.P.+13.045m)	—※2	-0.974m	—※2
水準点 No.3	O.P.+16.088m (T.P.+15.348m)	O.P.+15.115m (T.P.+14.375m)	O.P.15.424m (T.P.14.684m)	-0.973m	0.309m

2. 指摘事項に対する回答

地震後の岩着構造物の沈下について(3.11地震による地盤変位について)

- 敷地内の4水準点における地殻変動量(東北地方太平洋沖地震前後)について、水準点No.1(構造物の沈下測定を行った基点)を基準に他の水準点の相対変位量を示すと下図のとおりである。
- これらの差は、前々頁で示した国土地理院の報告(沈降量が西側で小さく、東側で大きい傾向)と同様である。



1号炉SPTは水準点No.3、2号炉海水ポンプ室は水準点No.2に近いことから、それぞれ水準点No.1との地殻変動量の差(1号炉SPTは約2mm、2号炉海水ポンプ室は約3mm)を考慮する。

沿岸の観測局の変動量の一覧(高さ)

観測局名	所在地	高さの変動量[cm]									
		本震前後(※1)	本震翌日から1年後まで(※2)	本震1年後から2年後まで(※2)	本震2年後から3年後まで(※2)	本震3年後から4年後まで(※2)	本震4年後から5年後まで(※2)	本震5年後から6年後まで(※2)	本震6年後から7年後まで(※2)	本震翌日から7年間の累積(※3)	本震前から7年間の累積(※4)
東通	青森県下北郡東通村大字尻屋	0	3	1	1	0	1	0	0	6	7
東通2	青森県下北郡東通村大字白糠	1	3	1	1	1	1	0	0	7	8
六ヶ所	青森県上北郡六ヶ所村大字尾枝	1	3	1	1	1	1	0	0	5	6
S三沢	青森県三沢市織笠	0	2	1	1	1	0	0	0	4	4
三沢	青森県三沢市東町	0	2	1	0	1	1	-1	0	5	5
八戸	青森県八戸市小中野	-1	1	1	0	0	1	-1	1(※8)	3(※8)	3(※8)
種市	岩手県九戸郡洋野町種市	-3	-2	0	1	0	0	0	0	-1	-3
S洋野	岩手県九戸郡洋野町中野	-4	-3	0	0	0	0	0	0	-3	-7
久慈	岩手県久慈市宇都町	-7	-5	1	0	0	1	0	0	-3	-9
S簗代	岩手県下閉伊郡簗代村第1地割	(※5)	(※5)	0	0	1	0	0	1	(※5)	-1
岩泉1	岩手県下閉伊郡岩泉町小本	-18	-12	0	1	1	1	1	1	-9	-27
宮古	岩手県宮古市大字津軽石	-35	-11	2	2	2	2	1	2	0	-34
山田	岩手県下閉伊郡山田町織笠	-49	-8	2	2	2	2	2	2	4	-44
釜石	岩手県釜石市甲子町	-54	0	4	4	3	3	3	3	19	-35
S大船渡	岩手県大船渡市三陸町吉浜	(※5)	(※5)	4	4	4	3	3	3	(※5)	-46
大船渡	岩手県大船渡市赤崎町	-75	5	5	5	5	3	4	4	30	-45
S陸前高田	岩手県陸前高田市小友町	(※5)	(※5)	5	5	5	3	4	4	(※5)	-38
気仙沼	宮城県気仙沼市笹が陣	-65	7	6	5	5	4	3	5	34	-32
S本吉	宮城県本吉郡本吉町津谷椀子	(※5)	(※5)	6	6	5	5	4	4	(※5)	-29
志津川	宮城県本吉郡南三陸町志津川	-68	12	7	6	5	5	4	4	43	-25
S石巻北上	宮城県石巻市北上町十三浜	(※5)	(※5)	8	7	6	5	5	4	(※5)	-41
S石巻雄勝	宮城県石巻市雄勝町赤浜	(※5)	(※5)	8	7	6	6	5	5	(※5)	-48
女川	宮城県牡鹿郡女川町大字女川浜	-89	15	8	7	6	5	5	5	51	-38
M牡鹿	宮城県石巻市大字赤磯浜	-107	17	8	7	7	5	5	4	54	-54
牡鹿	宮城県石巻市鮎川浜	(※5)	(※5)	8	7	6	5	5	5	(※5)	-66
S石巻	宮城県石巻市長渡浜	(※5)	(※5)	8	7	6	5	5	5	(※5)	-51
S石巻牧浜	宮城県石巻市牧浜	(※5)	(※5)	8	7	6	6	5	5	(※5)	-38
矢本	宮城県東松島市矢本	-50	13	7	6	5	5	3	4	44	-5
利府	宮城県宮城郡利府町利府	-29	4	5	4	3	3	3	2	25	-5
S七ヶ浜	宮城県宮城郡七ヶ浜町吉田浜	(※5)	(※5)	6	5	4	4	3	3	(※5)	3
名取	宮城県名取市南上	-26	10	5	4	(※7)	(※7)	(※7)	(※7)	(※7)	(※7)
亘理	宮城県亘理郡亘理町	-22	6	5	3	3	3	2	1	22	0
相馬1	福島県相馬市中村	-30	(※6)	5	4	3	3	3	2	3	25
小高	福島県南相馬市小高区蛸沢	-55	(※6)	(※6)	2	3	3	2	2	17	-37
楢葉A	福島県双葉郡楢葉町下小橋	-51	5	3	3	2	2	3	2	20	-31
いわき	福島県いわき市平内町下波	-48	7	4	3	2	2	2	2	22	-26
北茨城	茨城県北茨城市磯原町磯原	-45	3	2	2	2	2	2	2	17	-27
S高萩	茨城県高萩市高浜町	(※5)	(※5)	2	2	2	1	2	1	(※5)	-28
日立	茨城県日立市金沢町	-31	4	2	2	1	1	1	1	13	-18
鉾田	茨城県鉾田市柏郷	-24	8	2	2	1	1	1	1	15	-8
茨城鹿嶋	茨城県鹿嶋市平井	-27	11	2	1	1	1	0	0	16	-10
鉾子	千葉県鉾田市東小川町	-15	11	0	1	0	0	0	0	12	-3
千葉松尾	千葉県山武市松尾町富士見台	-10	7	2	1	0	0	0	0	11	1
長生	千葉県長生郡長生村本郷	-7	6	1	0	0	0	-1	0	6	-1
千葉大原	千葉県市川市大原	-6	5	2	2	1	0	0	0	11	5
勝浦	千葉県勝浦市荒川	-5	5	2	2	1	0	0	0	10	6
鴨川	千葉県鴨川市太尾	-3	4	1	1	0	0	0	0	8	4
丸山	千葉県南房総市白子	-3	3	1	1	0	0	0	0	6	3
館山	千葉県館山市西長田	-3	3	1	1	0	0	0	0	5	2

この変動量は、長崎県の福江観測局を固定局とした場合のもので、なお、各年1年間の変動量の累積の合計と7年間の変動量の累積は、表示されている桁数より小さい桁での四捨五入の関係で一致しない場合があります。

表の見方: M牡鹿観測局を例にとると、東北地方太平洋沖地震の影響で107cm沈降し、2018年2月現在、地震前と比べて54cmの沈降となっていることを示しています。

(※1) 「本震前後」は、2011年3月10日と2011年3月12日と比較したもので、主に本震による変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※2) 「本震翌日、1、2、3、4、5年後から」は、2011年、2012年、2013年、2014年、2015年、2016年3月と、2012年、2013年、2014年、2015年、2016年、2017年3月と比較したもので、「本震6年後から7年後まで」は2017年2月と2018年2月と比較したもので、1年ごとの地殻変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※3) 「本震翌日から7年間の累積」は、2011年3月12日と2018年2月と比較したもので、本震後の変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※4) 「本震前から7年間の累積」は、2011年2月と2018年2月と比較したもので、本震とその後の変動量による変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※5) 2011年3月12日に欠測したため。

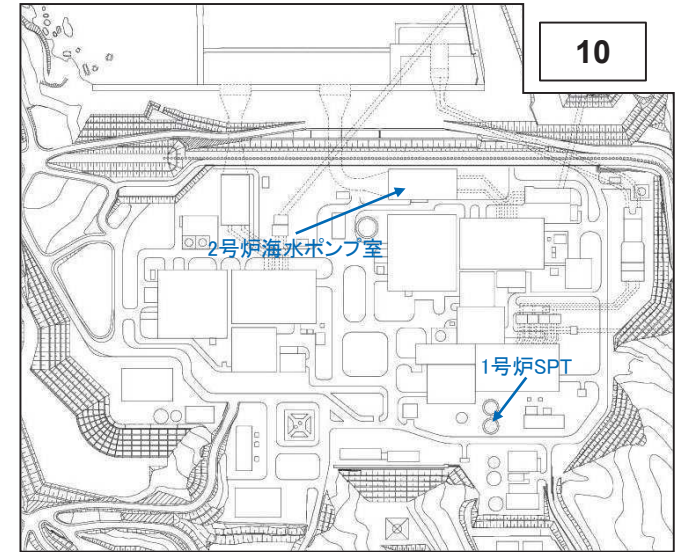
(※6) 2012年3月に欠測したため。

(※7) 移転のため、観測局廃止

(※8) 八戸観測局は、2018年1月20日にアンテナ交換を実施。(オフセット未補正)

2. 指摘事項に対する回答 地震後の岩着構造物の沈下について(地殻変動の補正)

1号炉SPT基礎及び2号炉海水ポンプ室について、それぞれ2mm及び3mmの地殻変動量を考慮した補正を行った結果、補正前と大きな相違はないものの、補正前に比べて地震前後での急激な鉛直変位は解消されており、構造物としての沈下は生じていなかったと考えられる。



補正後

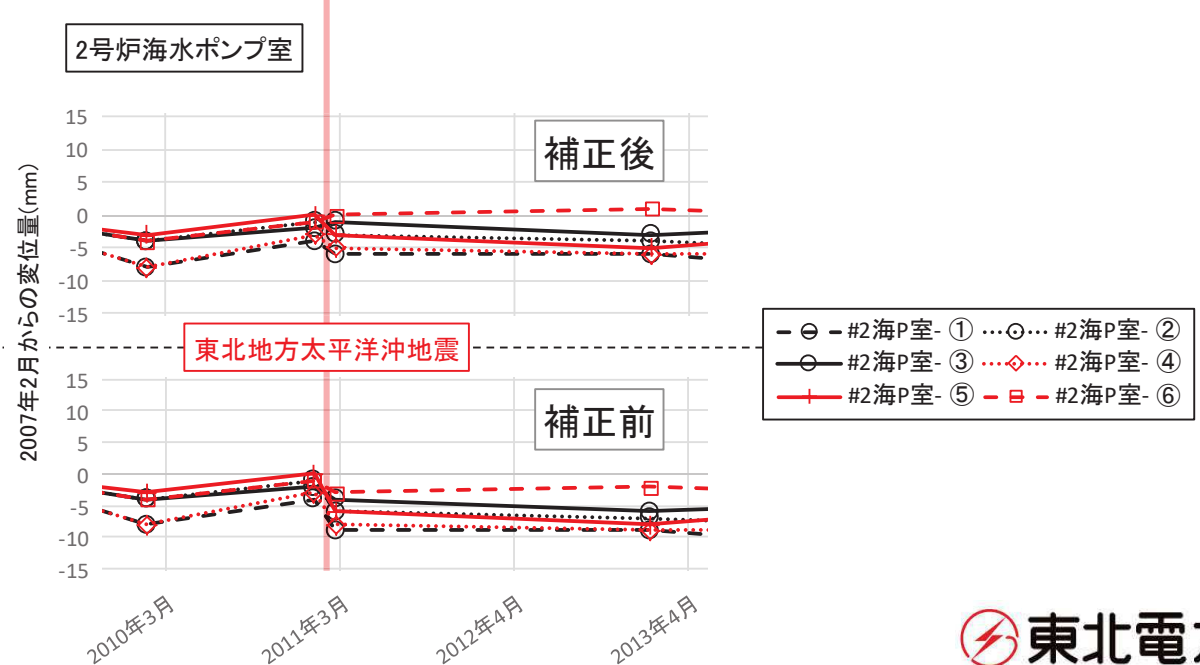
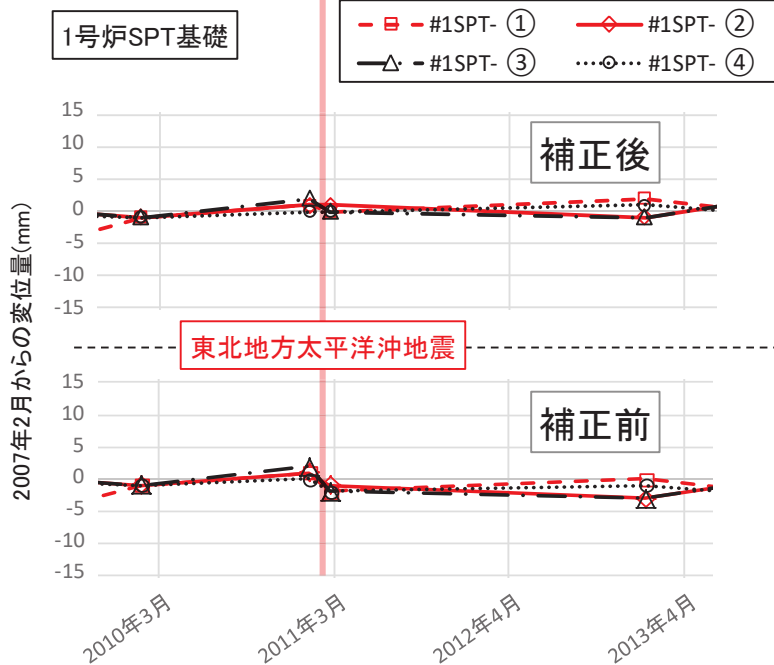
2007年2月に対する鉛直変位量(mm)

#1SPT	2010年2月	2011年2月	2011年3月	2013年2月
①	-1	1	0	2
②	-1	1	1	-1
③	-1	2	0	-1
④	-1	0	0	1

補正後

2007年2月に対する鉛直変位量(mm)

#2海P室	2010年2月	2011年2月	2011年3月	2013年2月
①	-8	-4	-6	-6
②	-4	-1	-3	-4
③	-4	-2	-1	-3
④	-8	-3	-5	-6
⑤	-3	0	-3	-5
⑥	-4	-1	0	1



- 2011年東北地方太平洋沖地震による岩着構造物(杭基礎を含む)の沈下影響を確認するため、1号炉SPT基礎(杭基礎)、2号炉海水ポンプ室(門型クレーン基礎含む)(岩着)及び3号炉泡消火設備基礎(杭基礎)について、同地震を挟み2007年から2018年までの測量データを2007年に対する鉛直変位量で整理した。
- その結果、岩着構造(杭基礎を含む)は、2011年東北地方太平洋沖地震によって沈下は生じていなかったと考えられる。
- ただし、2号炉海水ポンプ室については、2011年東北地方太平洋沖地震前後において、数mm程度の鉛直変位が生じている可能性があることから、その要因について検討を行った。その結果、この鉛直変位は2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動で生じた傾斜(約2cm/km)によるものであることを確認した。
- 以上の検討を踏まえ、岩着構造物(杭基礎を含む)は、2011年東北地方太平洋沖地震において地殻変動以外の要因で沈下していないと評価した。