

海水中の放射性物質濃度の変動について

平成26年9月25日
東京電力株式会社



東京電力

海水・地下水中の放射性物質のモニタリング

- 海水に含まれる放射性物質のモニタリングは環境への影響を把握し、事故処理を進める上で重要な位置づけとなっている。
- モニタリングしているデータの変動は自然の変動などを含むが、この要因の原因追及・把握について整理を行った。
 - ▶ データが変動する主な要因
 - ✓ 分析誤差
 - 手操作による誤差
 - 機器誤差
 - クロスコンタミネーション（試料採取時、分析時）
 - ✓ 自然界の揺らぎ
 - 降雨による希釈
 - 降雨による敷地汚染の洗い流し
 - 荒天による海水の攪拌
 - ✓ 作業に伴うもの
 - 港湾作業による沈積物の攪拌
 - トラブルによる流出
 - ✓ 緩和度
 - エリアの容量による変動のし易さ
- 事故当初の海水中の放射性物質濃度は大きく変化していたが、現状ではある幅で変動しながら安定な状態にあり、特に港湾内については穏やかな下降傾向が見られている。



東京電力

海水中の放射性物質濃度の変動

- 海水中の放射性物質濃度の変動幅は港湾内外を6つのエリアに分けると特徴ある変動幅に整理することができる。(表1)
 $\text{※変動幅 (\%)} = (\text{標準偏差} / \text{平均値}) \times 100$
- これらのエリアの放射性物質濃度もそれぞれのエリアで特徴がある。
- 特に港湾外沖合については殆どが検出下限値未満の低いレベルとなっている。

表1 平成24年12月～平成26年8月の変化率(%)

モニタリング地点		Cs-134	Cs-137	全β	H-3	変化率	濃度	変動				
								分析誤差	揺らぎ	作業	緩和度	
海側遮水壁外側	東波除堤北側	71.43	66.53	62.5	53.45	中	中	小	中	中	中	
	1号機遮水壁前	34.38	40.56	31.77	39.40							
	2号機遮水壁前	38.46	42.32	31.77	26.09							
	1～4号機南側	29.36	30.62	40.40	45.60							
海側遮水壁内側	4号機シルト内側	57.72	51.38	65.04	112.68	大	高	小	高	高	小	
	3,4号取水口間	43.75	46.96	60.7	86.67							
港湾内	護岸付近	6号機取水口前	22.78	28.26	22.89	69.33	小	小	小	小	小	中
		物揚場	24.12	45.09	19.12	72.52						
	中央付近	港湾口	36.46	66.23	38.4	174.45	中	小	小	小	小	大
		港湾内東側	35.37	68.42	46.81	122.49						
		港湾内西側	40.56	69.53	44.44	96.61						
		港湾内北側	40.61	64.63	41.47	102.05						
		港湾内南側	35.32	66.6	48.69	140.32						
		北防波堤北側	21.83	24.6	6.45	28.9						
港湾外	沖合	港湾口北東側	12.84	13.61	5.88	9.96	小小	小小	小	小小	小小	大大
		港湾口東側	19.43	30.34	6.68	39.73						
		南防波堤南東側	13.25	13.16	5.88	9.96						
		南防波堤南側	21.42	23.04	6.68	17.24						
	放水口付近	5,6号放水口北側	30.62	52.91	28.96	70.74	小	小	小	小	小	大大
		南放水口付近	32.12	59.76	28.29	37.89						

各エリアでの主な変動要因

○6つのエリアでの主な変動要因は次のように考えられる

		変動要因			
		分析誤差	揺らぎ	作業	緩和度
海側遮水壁外側		分析手法について第三者機関とクロスチェックを行っており、精度の確認を行っている 分析試料が多く、クロスコンタミネーションのおそれがある	C排水路の流末切り替えにより天候の影響を受けやすい 1～4号機タービン建屋東側エリア地下水の影響を受ける	C排水路の流末切り替えにより敷地内作業の影響を受けやすい	海水による希釈効果は小さく、影響を受けやすい
海側遮水壁内側		同上	狭いエリアであり、地下水の流入があることから天候の影響を受ける	1～4号機タービン東側エリアでの作業の影響を受けやすい	海水による希釈効果は最も小さく、影響を受けやすい
港湾内	護岸付近	同上	荒天による海水の攪拌影響を受けやすい	港湾内作業の影響を受けやすい	海水による希釈効果はあるが変動する可能性はある
	中央付近	同上	同上	同上	同上
港湾外	沖合	同上	同上	港湾内作業の影響を受ける可能性がある	海水による希釈効果は大きく、影響を受けにくい可能性がある
	放水口付近	同上	同上	同上	同上

モニタリングデータの評価方法

○現状のデータ評価方法は以下のように行っている

		濃度		データ変動の管理手法
		レベル	着目点	
海側遮水壁外側		中	急激な変動傾向がないこと	<ul style="list-style-type: none"> ○ 傾向監視 ○ スポット的な変動(1データの変動)については近接エリア(港湾中央など)の変動を参考にし、注視 ○ 継続して特異な傾向を示す場合は要因調査を実施
海側遮水壁内側		高	同上	<ul style="list-style-type: none"> ○ 傾向監視 ○ 1~4号機タービン建屋東側エリア地下水の傾向と海側遮水壁構築の進捗状況を勘案して評価 ○ 継続して特異な傾向を示す場合は1~4号機建屋東側エリアの作業状況や地下水濃度の変動など要因調査を実施するとともに港湾への影響を評価
港湾内	護岸付近	小	安定して低いこと	<ul style="list-style-type: none"> ○ 傾向監視 ○ スポット的な変動(1データの変動)については近接エリア(港湾中央など)の変動を参考にし、注視 ○ 継続して特異な傾向を示す場合は港湾内作業などの要因調査するとともに、変動が非常に大きい場合などは必要に応じて再サンプリングを実施
	中央付近	小	同上	同上
港湾外	沖合	小小	検出下限値と同等以下であること	<ul style="list-style-type: none"> ○ 傾向監視 ○ 社会的な関心の高いエリアであることから、高い値(3σ 超え)が検出された場合はモニタリング頻度を高めて監視強化するとともに要因調査(実績:平成23年10月10日~17日)
	放水口付近	小	検出下限値未満もしくは大きく超えないこと	同上



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

4

これまでのデータの評価結果

○これまでのモニタリングにおける評価は以下のとおり

		これまでのデータの評価結果
海側遮水壁外側		<ul style="list-style-type: none"> ○ 東波除堤北側より南側のモニタリング地点は海側遮水壁の構築に伴い追加した地点で、データの蓄積を図りつつ評価を行っているが、南遮水壁前の地点では遮水壁の開口部からの影響が見られるものの、その他の地点は東波除堤北側と同レベルで推移している。 ○ いずれの地点でもある幅をもって大きく上下動しているが継続して上昇、減少の傾向は見られない
海側遮水壁内側		<ul style="list-style-type: none"> ○ 海側遮水壁の構築に伴い濃度上昇が見られたが、6月頃より上昇傾向が頭打ちになり、安定して推移している。 ○ 1~4号機タービン建屋東側エリア地下水の濃度推移も安定しており、直近のデータでは変化率は小さい傾向にある。
港湾内	護岸付近	<ul style="list-style-type: none"> ○ 低い濃度で推移しているが、荒天などにより1~4号機取水路開渠の影響と考えられる濃度上昇が見られることがあり、一過性の事象となっている。 ○ 濃度上昇が観測された場合でも港湾中央付近エリアへの大きな影響は見られていない。 ○ 変動幅は小さく、安定して推移している。
	中央付近	<ul style="list-style-type: none"> ○ 検出限界値未満、もしくは少し超える濃度で推移しており、安定している。 ○ 濃度が比較的高い1~4号機取水路開渠との連動はこれまでのところ見られていない。
港湾外	沖合	<ul style="list-style-type: none"> ○ 検出下限値未満のデータが多く、検出された際も大きく超えることは少ない。 ○ 平成23年10月にセシウムが港湾外で検出された際にモニタリング頻度を高めて監視を強化したが、一過性のものであり、港湾からの影響と特定することはできなかった。 ○ 変動幅は小さい。
	放水口付近	<ul style="list-style-type: none"> ○ 近隣の河川からの流入の影響を受けることがあり、天候との関連を注視している。 ○ 全βは平成23年12月により精緻な管理を行うべく検出下限値を下げて測定をしており、それ以前は検出下限値未満で数字として現れなかったものが検出されている。 ○ 変動幅は小さく、港湾内濃度との連動は見られていない。



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

5

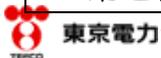
今後の海水中の放射性物質濃度のモニタリング

<目的に添ったモニタリング>

- 事故の影響が各種施策によって港湾内で留められていることを示していくことが重要
- このため傾向監視を今後も継続していく
- 個々のエリアの変動については隣接するエリアへの影響を考慮して評価する。
- なお、知見の蓄積により新たな評価手法が必要と考えられる場合は逐次見直しを行う。
- トラブルの影響などを監視する際はきめ細かいモニタリングを実施していく。

<8月18日の1~4号機取水路開渠でのトリチウム濃度について>

- 8月18日のモニタリングでトリチウムが高い濃度を示した。
- 原因調査の結果、明確な原因は明らかにできなかったが、排水路からの流入についてトリチウムのデータがなく、可能性として残った。(構内作業で当日またはその前日などで特異な作業は行われていない)
- 翌モニタリングではデータは通常値に戻っており、現在に至っている。
- 高い濃度を示した際の隣接エリア（港湾中央付近など）のモニタリング結果は通常と同じであり、影響を受けていなかった。



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

6

<参考1-1> 変動要因 分析誤差

○ 現状のデータ分析と評価

➤ 妨害核種の排除（分析手法）

✓ 分析は文部科学省マニュアルに基づいて行っており、妨害核種の排除を行っている

- トリチウム：蒸留法（トリチウム以外の放射性物質と塩類の排除）

- 全β、γ核種：高濃度試料の希釈（高濃度核種による数え落としの排除）

➤ 第三者機関とのクロスチェック（分析精度）

✓ 当社の分析手法の妥当性については地下水バイパスで第三者機関（日本分析センター）とクロスチェックを定期的に行い、確認している。

✓ トリチウムの分析結果は乖離率 -19.35~+11.11%で標準偏差 6.76%のバラツキに収まっており、良好な結果となっている。（表2）
（γ核種濃度、全β放射能濃度も同じ）

表2 当社と第三者機関とのクロスチェック結果

採取日時	Tepco (Bq/l)	分析C (Bq/l)	乖離率	備考	採取日時	Tepco (Bq/l)	分析C (Bq/l)	乖離率	備考
5月29日	1,700	1,600	5.88%	1	6月27日	210	230	-9.52%	2
6月5日	1,700	1,600	5.88%	1	7月15日	310	310	0.00%	2
6月12日	1,500	1,600	-6.67%	1	8月2日	360	330	8.33%	2
6月19日	1,800	2,000	-11.11%	1	8月20日	190	180	5.26%	2
6月26日	1,500	1,500	0.00%	1	5月19日	150	150	0.00%	2
7月3日	2,100	2,000	4.76%	1	6月3日	95	91	4.21%	2
7月10日	2,100	2,000	4.76%	1	6月21日	250	280	-12.00%	2
7月17日	1,800	1,700	5.56%	1	7月9日	360	340	5.56%	2
7月24日	1,900	1,900	0.00%	1	7月27日	330	340	-3.03%	2
7月31日	1,900	1,900	0.00%	1	8月13日	220	210	4.55%	2
8月5日	1,900	1,800	5.26%	1	6月4日	14	13	7.14%	3
8月7日	1,500	1,500	0.00%	1	4月15日	220	230	-4.55%	3
8月14日	620	740	-19.35%	1	7月3日	270	310	-14.81%	3
8月21日	750	750	0.00%	1	6月26日	342	360	-5.26%	3
4月15日	250	240	4.00%	2	5月2日	200	210	-5.00%	3
5月28日	170	190	-11.76%	2	8月2日	360	320	11.11%	3
6月15日	170	160	5.88%	2	7月3日	99	100	-1.01%	3
7月3日	320	300	6.25%	2	6月3日	93	96	-3.23%	3
7月21日	300	310	-3.33%	2	5月1日	210	200	4.76%	4
8月6日	250	260	-4.00%	2	6月1日	160	150	6.25%	4
8月25日	200	200	0.00%	2	7月1日	280	290	-3.57%	4
5月22日	200	210	-5.00%	2	平均			-0.59%	
6月9日	120	130	-8.33%	2	標準偏差			6.76%	

備考：1揚水井No.12 2一時貯留槽 3詳細分析 4加重平均サンプル



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

7

<参考1-2>変動要因 揺らぎ

○揺らぎ

▶降雨による希釈

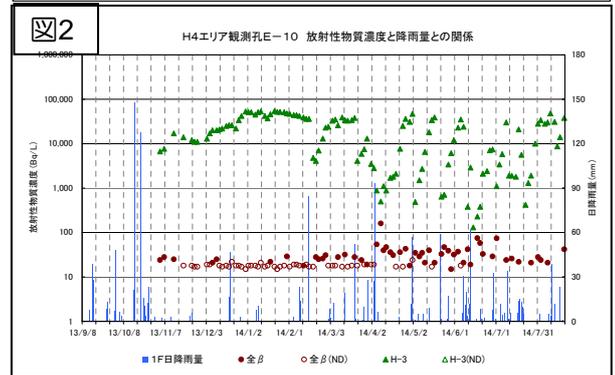
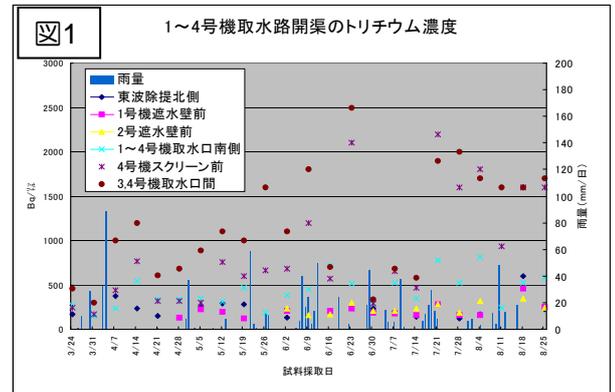
- ✓降雨による希釈により放射性物質濃度が低下する可能性があるが、これまでのデータでは特に大きな変動は見られていない。(図1)
- ✓ただし、C排水路の流末を港湾内に付け替えたことにより、今後の変動を注視して行かなくてはならないと考えている。

▶降雨による敷地汚染の洗い流し

- ✓H4エリアの漏えいに伴う観測孔のモニタリングでは降雨による放射性物質濃度の変動が見られ、敷地汚染の洗い流しを注視しているが、現状では海水中の放射性物質濃度への影響は見られていない。(図2)
- ✓1~4号機タービン東側エリアの地下水の港湾流入も同様に注視している。

▶荒天による海水の攪拌

- ✓海水の攪拌によりCsなどが付着した沈積物(コロイドを含む)が浮遊する可能性がある
- ✓放射性物質濃度の高いエリアの海水が短時間に低いエリアと混ざり合う可能性がある



<参考1-3>変動要因 作業に伴う変動と緩和度

○作業に伴う変動

▶港湾作業に伴う沈積物の攪拌

- ✓現在、港湾海底土被覆工事を行っており、Csなどが付着した沈積物(コロイドを含む)が浮遊する可能性がある
- ✓同様に海側遮水壁の護岸側の埋め立て工事を行っており、沈積物の混濁が考えられる

▶トラブルによる流出

- ✓漏えい事象による放射性物質の流出が考えられ、トラブル発生時は注視している

○緩和度

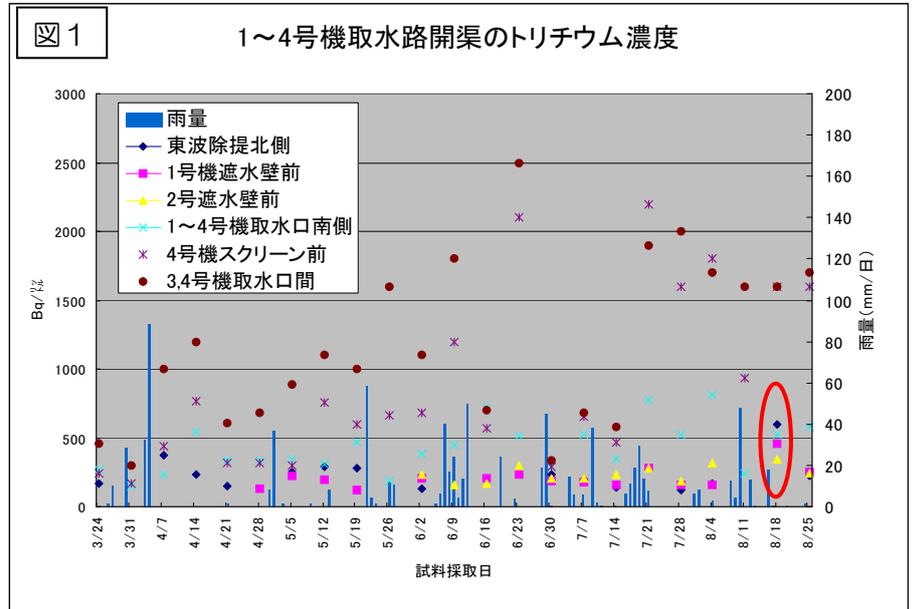
▶エリアの容量による変動のし易さ

- ✓港湾外は区切られたエリア(港湾内など)と異なり希釈効果が大きく期待できる
- ✓海側遮水壁の内側は最も小さなエリアであり、変動が大きく現れる

<参考2-1> 8月18日の1~4号機取水路開渠でのH-3濃度

- 8月18日の1~4号機取水路開渠のモニタリングで海側遮水壁の外側のポイントでトリチウム濃度が一様に高く観測された。→図1の赤丸部分（内側は通常レベル）
- その後（8月25日）のモニタリングでは通常範囲に戻り、現在に至っている。
- 濃度が上昇した際の隣接エリア（港湾中央付近など）の濃度に変動は見られていない。

場所	過去の範囲 (Bq/ℓ)	今回値 (Bq/ℓ)
東波除堤北側	ND~370	600
1号機遮水壁前	ND~280	460
2号機遮水壁前	ND~320	350
1~4号機取水口南側	150~810	520



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

10

<参考2-2> 8月18日の1~4号機取水路開渠でのH-3濃度

- 8月18日に海側遮水壁の外側で観測されたトリチウム濃度は「標準偏差(σ) \times 3」から外れていた。(表2)
- Cs-137と全 β には変動が見られない。

- 排水路のモニタリング (Cs-137、全 β)では特異なデータは観測されていない。
- 取水路開渠に近い港湾のモニタリングでも高い値は観測されていない。(表3)

➢ 降雨は8月16日(18.0mm)、8月17日(0.5mm)にあったが降雨強度は特異ではない

表2 海側遮水壁外側のトリチウム濃度 (Bq/ℓ)

	東波除堤北側	1号機遮水壁前	2号機遮水壁前	1~4号機取水口南側
2014/3/24	170			270
2014/3/31				150
2014/4/7	370			230
2014/4/14	230			540
2014/4/21	150			340
2014/4/28		130		340
2014/5/5	250	220		350
2014/5/12	290	200		310
2014/5/19	280	120		470
2014/5/26				190
2014/6/2	130	210	230	380
2014/6/9			160	450
2014/6/16		210	170	720
2014/6/23		230	300	510
2014/6/30	230	190	210	290
2014/7/7	200	180	210	520
2014/7/14	140	160	230	350
2014/7/21		280	280	780
2014/7/28	120	160	190	520
2014/8/4	170	160	320	810
2014/8/11				240
2014/8/18	600	460	350	520
2014/8/25	220	250	240	580
2014/9/1				
平均	234	213	236	420
標準偏差	114	77	57	178
平均+3 σ	577	442	409	955

表3 港湾西側エリアのトリチウム濃度

物揚場 (Bq/ℓ)		港湾西側 (Bq/ℓ)	
2014/3/24	3.3	2014/3/24	6.7
2014/3/31	2.8	2014/4/1	2.3
2014/4/7	2.8	2014/4/7	6.9
2014/4/14	3.6	2014/4/14	4.5
2014/4/21	14	2014/4/21	14
2014/4/28	4.1	2014/4/27	17
2014/5/5	8.5	2014/5/7	
2014/5/12	7.2	2014/5/12	4.8
2014/5/19	8.1	2014/5/19	36
2014/5/26		2014/5/26	3.4
2014/6/2		2014/6/2	2.2
2014/6/9	2.3	2014/6/9	
2014/6/16		2014/6/16	3.7
2014/6/23		2014/6/23	
2014/6/30		2014/7/1	5.8
2014/7/7	7	2014/7/7	5.3
2014/7/14	2.8	2014/7/14	4.9
2014/7/21	3.8	2014/7/22	13
2014/7/28	2.9	2014/7/28	
2014/8/4	2	2014/8/4	6.8
2014/8/11	6.4	2014/8/12	10
2014/8/18	3.9	2014/8/18	2.7
2014/8/25	2.1	2014/8/25	25
2014/9/1	2		
平均	5		9
標準偏差	3		9
平均+3 σ	14		35

空欄は検出下限界未満

空欄は検出下限界未満



東京電力

無断複写・転載禁止 東京電力株式会社

11

<参考2-3> 8月18日の1～4号機取水路開渠でのH-3濃度

○ 分析過程での要因

▶ サンプルング過程、分析過程でのクロスコンタミネーションの可能性を調査した。

- モニタリングは他の試料とともに定期的にサンプルングと分析を行っており、8月18日のサンプルだけ異なる環境ではなかった
- 同日は5,6号機放水口北側、6号機取水口前、物揚場前、南放水口前、1号機取水口北側エリア地下水、1,2号機取水口間エリア地下水の分析も行われているが、特異なデータではない

○ 作業に伴う要因

✓ 1～4号機取水路海側遮水壁の内側濃度に変動はなく(表4)、外側での海側遮水壁の構築についても第一工区は作業が行われていない。

表4 海側遮水壁内側エリアのトリチウム濃度

4号機スクリーン前				3,4号機取水口間			
2014/3/24	240	2014/6/30	290	2014/3/24	460	2014/6/30	340
2014/3/31	170	2014/7/7	650	2014/3/31	300	2014/7/7	680
2014/4/7	440	2014/7/14	470	2014/4/7	1000	2014/7/14	580
2014/4/14	770	2014/7/21	2200	2014/4/14	1200	2014/7/21	1900
2014/4/21	320	2014/7/28	1600	2014/4/21	610	2014/7/28	2000
2014/4/28	320	2014/8/4	1800	2014/4/28	680	2014/8/4	1700
2014/5/5	300	2014/8/11	930	2014/5/5	890	2014/8/11	1600
2014/5/12	760	2014/8/18	1600	2014/5/12	1100	2014/8/18	1600
2014/5/19	600	2014/8/25	1600	2014/5/19	1000	2014/8/25	1700
2014/5/26	660	2014/9/1		2014/5/26	1600	2014/9/1	
2014/6/2	680	平均	881	2014/6/2	1100	平均	1176
2014/6/9	1200	標準偏差	614	2014/6/9	1800	標準偏差	588
2014/6/16	570	平均+3σ	2723	2014/6/16	700	平均+3σ	2941
2014/6/23	2100			2014/6/23	2500		

<参考2-4> 8月18日の1～4号機取水路開渠でのH-3濃度

○ 変動原因の調査結果を纏めると次のとおり

項目	変動要因			緩和度
	分析誤差	揺らぎ	作業	
評価結果	○ 分析手法を第三者機関と実施している。 ○ 1～4号機取水路開渠以外の分析も行っており、大きく変動しているのは1～4号機取水路開渠のみ	○ 複数の地点で同時に変動している ○ 降雨、荒天は観測されていない	○ 排水路のデータ(Gs-137、全β)で変動は見られていない(H-3は分析していない) ○ 海側遮水壁の内側データに変動はない	○ 1～4号機取水路開渠の限られたエリアでの上昇
原因の可能性	×	×	▲	×
			○ 排水路のモニタリングでH-3を測定していない	

<考察>

- 8月18日の上昇について明確な原因は明らかにできなかったが、排水路からの流入についてトリチウムのデータがなく、可能性として残った。(構内作業で当日またはその前日などで特異な作業は行われていない)
- データは翌モニタリングでは通常値に戻って現在に至っており、近傍のエリアでも変動は認められてなかった。