

< 参考資料 >

平成26年6月30日

東京電力株式会社

福島第一原子力発電所汚染水貯留設備
RO濃縮水貯槽からの漏えいに関する環境影響評価について



東京電力

1. H4エリアNo.5タンク周辺の汚染について(流出の状況の推定まとめ)

- ①漏えいした汚染水が、常時開運用であったドレン弁から北東側の堰外に流出。
- ②堰周辺の土壌に浸透しながら土堰堤の切れ目から北東側に流れ、B排水路脇の土手付近まで到達して地中に浸透。さらに一部が降水時等に土手を越えて排水路に流入。
- ③堰のすぐ外側で地下に浸透した汚染水の一部は、基礎コンクリートの下の碎石層からタンクエリア下に侵入し、一部はタンク直下付近まで到達。

調査<E-9>

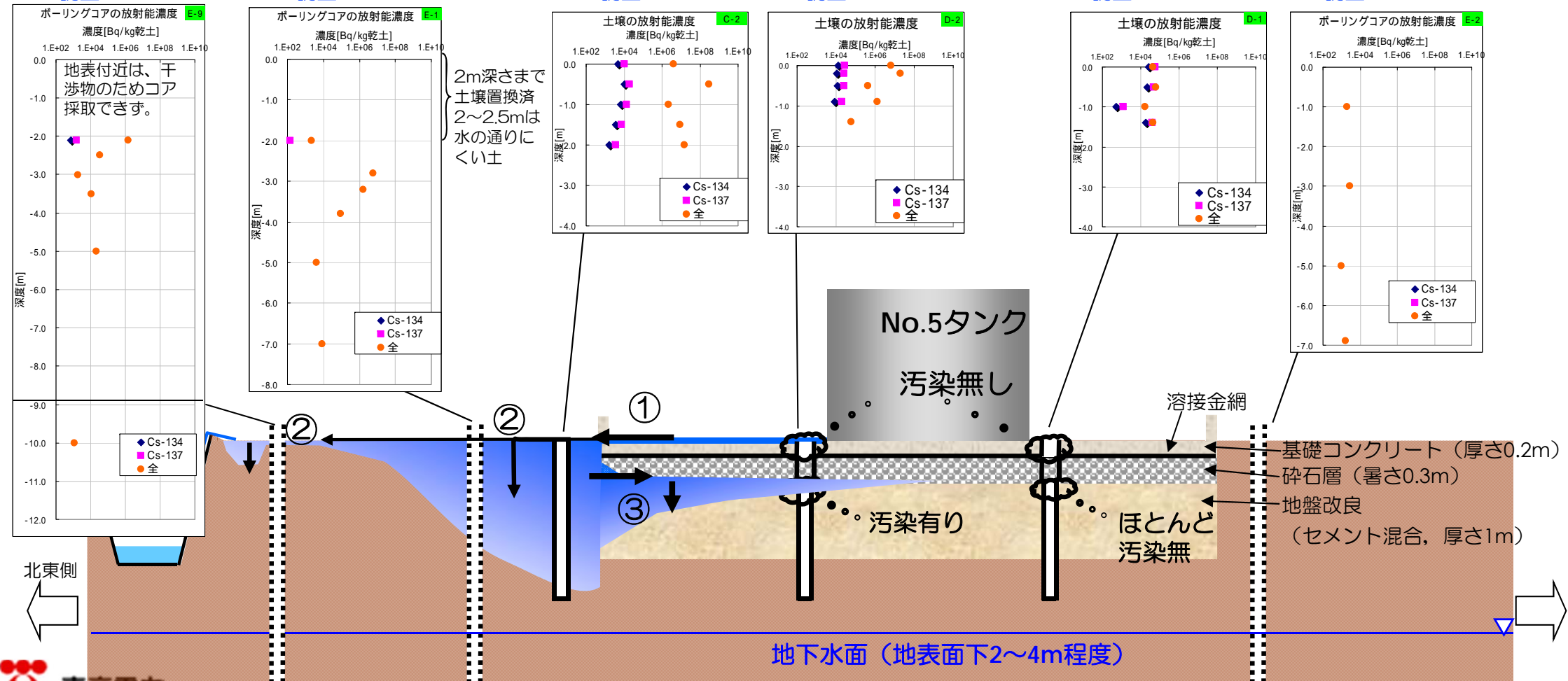
調査<E-1>

調査<C-2>

調査<D-2>

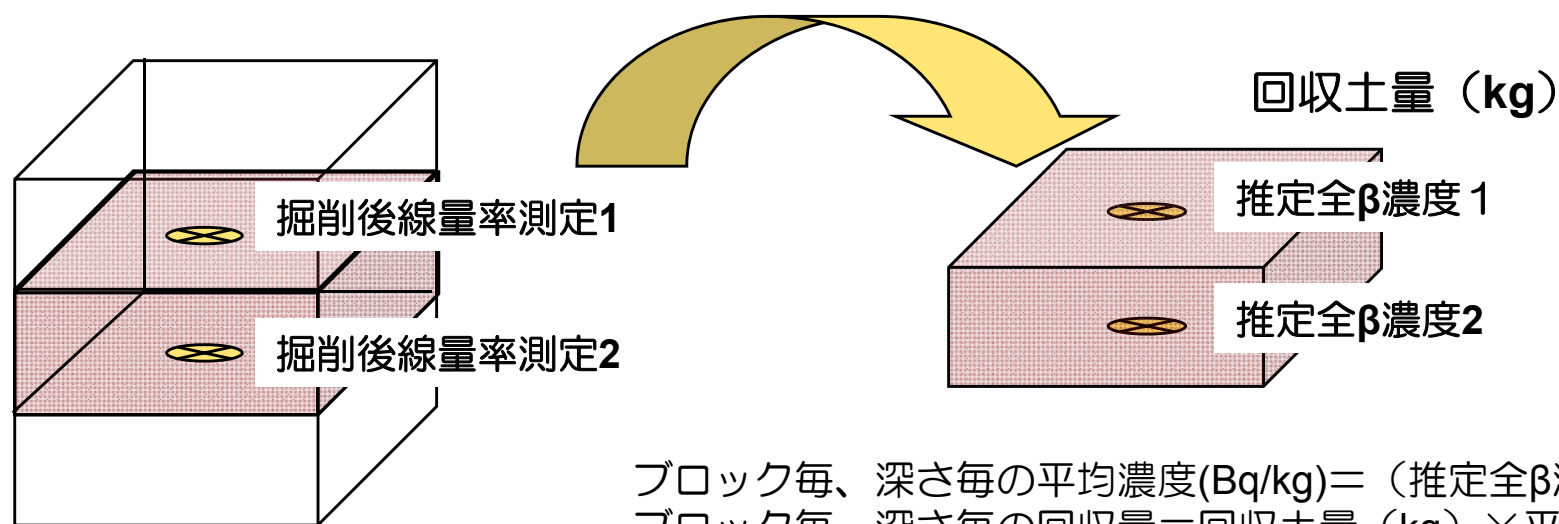
調査<D-1>

調査<E-2>



2.1 漏えいした放射性物質の回収量の評価(評価方法)

- 汚染した土壌の回収による、放射性物質の回収量の評価を行った。
- 漏えい水には、 β 核種であるストロンチウム90 (Sr-90)が多く含まれていることから、全 β 放射能濃度を指標として、以下の手順で漏えいしたストロンチウム90の回収量を推定した。
 - 回収の際に現場で測定した土壌表面線量率を基に、ブロック毎、深さ毎に回収土の全 β 放射能濃度を推定した。
 - 回収土量と平均濃度の積を計算し、その合計を全体の全 β 放射性物質回収量(Bq数)とし、その半分をストロンチウム90の回収量とした。

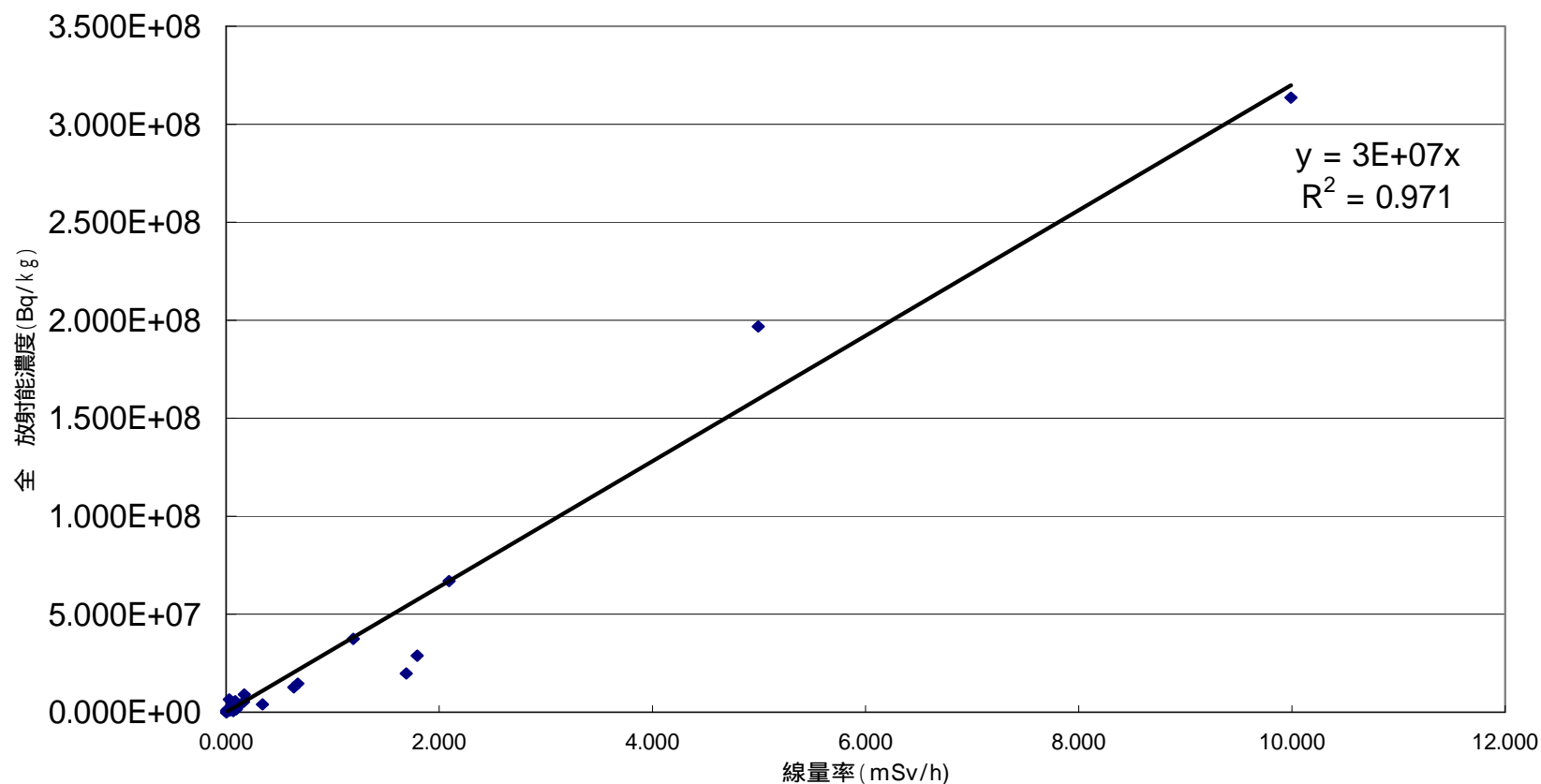


ブロック毎、深さ毎の平均濃度(Bq/kg) = (推定全 β 濃度1+2) / 2
ブロック毎、深さ毎の回収量 = 回収土量 (kg) × 平均濃度 (Bq/kg)
ブロック毎、深さ毎の回収量の総和で回収量を算出
土壌の比重を1.5として計算

2.2 回収土壌の全β放射能濃度の推定(線量率からの換算)

- H4エリア周辺で採取したボーリングコア土壌の全β放射能濃度を分析し、線量率測定結果との関係から、回収土壌の全β放射能濃度を推定するための換算係数を 3.0×10^7 (Bq/kg) / (mSv/h) とした。
- 土壌回収の際に測定した線量率データに換算係数をかけて回収土の全β放射能濃度を推定した。

ボーリングコアの線量率と全放射能濃度の関係



2.3 回収量試算結果

- ブロック毎の回収量の試算結果は下表の通り。回収量の合計は、全β放射能による評価で 7.4×10^{13} Bqであった。

表 ブロック毎の放射性物質（全β放射能）回収量の試算結果

ブロック	掘削深さ	掘削後地表面 70 μm線量率() (mSv/h)	回収土量 (m3)	全 で試算した 回収量(Bq)
1	G.L.-3,000	0.009	60	5.0E+12
2	G.L.-3,000	0.009	96	9.6E+12
3	G.L.-3,000	0.009	64	1.4E+12
9	G.L.-1,080	0.005	16	5.2E+11
10	G.L.-1,480	0.008	24	3.4E+12
11	G.L.-840	0.008	15	6.4E+12
12	G.L.-860	0.008	16	6.6E+12
13	G.L.-550	0.009	10	5.6E+12
14	G.L.-400	0.006	3	1.0E+12
15	G.L.-1,050	0.009	17	1.0E+11
16	G.L.-900	0.004	21	1.9E+11
17	G.L.-600	0.006	10	1.8E+11
18	G.L.-600	0.007	15	2.2E+11
19	G.L.-700	0.004	18	3.9E+11
20	G.L.-600	0.006	21	3.7E+11
21	G.L.-600	0.008	3	3.7E+10
22	G.L.-900	0.005	7	3.5E+12
23	G.L.-900	0.008	3	1.7E+12
24	G.L.-1,650	0.35	3	2.3E+12
25	G.L.-1,000	0.34	9	2.4E+12

ブロック	掘削深さ	掘削後地表面 70 μm線量率() (mSv/h)	回収土量 (m3)	全 で試算した 回収量(Bq)
26	G.L.-1,000	0.35	6	1.5E+12
27	G.L.-1,000	0.007	29	6.6E+11
28	G.L.-2,500	0.04	26	2.5E+11
29	G.L.-2,500	0.1	17	4.5E+11
30	G.L.-1,000	0.008	18	1.2E+12
31	G.L.-2,500	0.11	23	7.2E+11
32	G.L.-3,000	0.007	30	2.0E+12
33	G.L.-3,000	0.13	10	7.0E+11
34	G.L.-1,500	0.006	6	4.1E+11
35-1	G.L.-2,000	13	10	3.9E+12
35-2	G.L.-2,000	1.7	9	2.2E+12
36	G.L.-2,000	0.8	19	3.0E+12
37	G.L.-2,000	2.2	15	2.6E+12
38	G.L.-800	0.006	25	7.2E+11
39	G.L.-1,000	0.008	27	6.2E+11
40	G.L.-1,600	0.008	16	7.6E+10
40-1	G.L.-1,800	0.007	16	7.6E+10
41	G.L.-1,500	0.008	24	4.4E+11
42	G.L.-1,300	0.009	31	5.7E+11
43	G.L.-1,500	0.008	19	1.3E+11
44	G.L.-1,500	0.007	32	5.8E+11
45	G.L.-1,500	0.005	39	2.7E+11
合計			878	7.4E+13

注：4～8ブロックについては、周辺ブロックの回収土壌に含めて回収したため、欠番となっている。

2.4 H4エリアNo.5タンクからの放射性物質の漏えい量について

- No.5タンク水の核種分析結果及び漏えい量の評価結果は下表のとおり。核種毎の濃度に、漏えい量300m³をかけて漏えい量を求めた。
- 最も濃度が高く、環境への影響が大きいと考えられるストロンチウム90 (Sr-90)の漏えい量を計算すると、 4.5×10^{13} Bqとなった。
- その他の核種では、トリチウム (H-3)の濃度が高いが、ストロンチウム90の濃度の1/50以下であり、セシウム137 (Cs-137)等その他の核種はさらにその1/10以下である。
- なお、堰内より回収した漏えい水の分析結果も、大きな違いは無かった。

表 H4エリアNo.5タンク漏えい水の放射性物質濃度及び漏えい量

核種	No.5タンク水		【参考】漏えい水(堰内より回収)	
	濃度(Bq/cm ³)	漏えい量(Bq)	濃度(Bq/cm ³)	漏えい量(Bq)
Cs-134	4.4E+01	1.3E+10	4.6E+01	1.4E+10
Cs-137	9.2E+01	2.8E+10	1.0E+02	3.0E+10
Co-60	ND(3.8E+00)	1.1E+09	1.2E+00	3.6E+08
Mn-54	ND(5.2E+00)	1.6E+09	1.9E+00	5.7E+08
Sb-125	5.3E+01	1.6E+10	7.1E+01	2.1E+10
Sr-90	1.5E+05	4.5E+13	-	-
H-3	2.4E+03	7.2E+11	2.1E+03	6.3E+11
全	4.1E+05	1.2E+14	2.8E+05	8.4E+13

注 No.5タンク水の漏えい量のうち、Co-60及びMn-54の漏えい量は、検出下限値を用いて求めたもの。

2.5 回収率の試算結果について

- 土壌による回収量 7.4×10^{13} Bq の半分がストロンチウム90（残りの半分がイットリウム90）と仮定して、ストロンチウム90の回収率を求めると、約80%となった。
- 一方、タンク水及び堰内の漏えい水の全β放射能濃度から回収率を試算したところ、約60%と90%となった。

表1 H4エリアNo.5タンク漏えいに係る漏えい放射性物質質量と土壌回収による回収率

試料名	No.5タンク水		【参考】 H4エリア漏えい水	備考
	Sr-90	【参考】 全放射能	全放射能	
濃度[Bq/cm ³]・・・	1.5E+05	4.1E+05	2.8E+05	
漏えい量(300m ³)・・・	300	300	300	
漏えい量(Bq)・・・ = ×	4.5E+13	1.2E+14	8.4E+13	
土壌による回収量(Bq)・・・	3.7E+13	7.4E+13	7.4E+13	Sr-90の回収量は、全で評価した回収量の半分とした。
回収率・・・ = /	80%	60%	90%	

2.6 土壌回収による漏えい放射性物質の回収率評価結果まとめ

- 漏えいしたタンク水に多く含まれていたストロンチウム90について、全 β 放射能を指標として土壌回収による回収率を試算したところ、約80%となった。
- 漏えいしたストロンチウム90の一部が回収できていないが、B排水路より東側の観測孔の地下水では全 β 放射能濃度の上昇はほとんど見られていないことから、その大部分が回収困難なタンクエリア基礎の下や無線局周辺の設備の下など、H4エリア付近の土壌に留まっているものと考えられる。
- 引き続き、地下水の監視を継続するとともに、ウェルポイントからの汲み上げや、フェーシングによる雨水侵入の抑制など、汚染の拡散の防止に努める。
- また、H4タンクエリア基礎の下に残留している汚染土壌については、タンクリプレースの際に調査し、回収に努める。

(参考) タンク周辺調査概要

想定される流出経路

経路①：バルブから堰外に流出

経路②：基礎盤から直下に流出

経路③：基礎コンクリート～地盤改良の間から堰外に流出

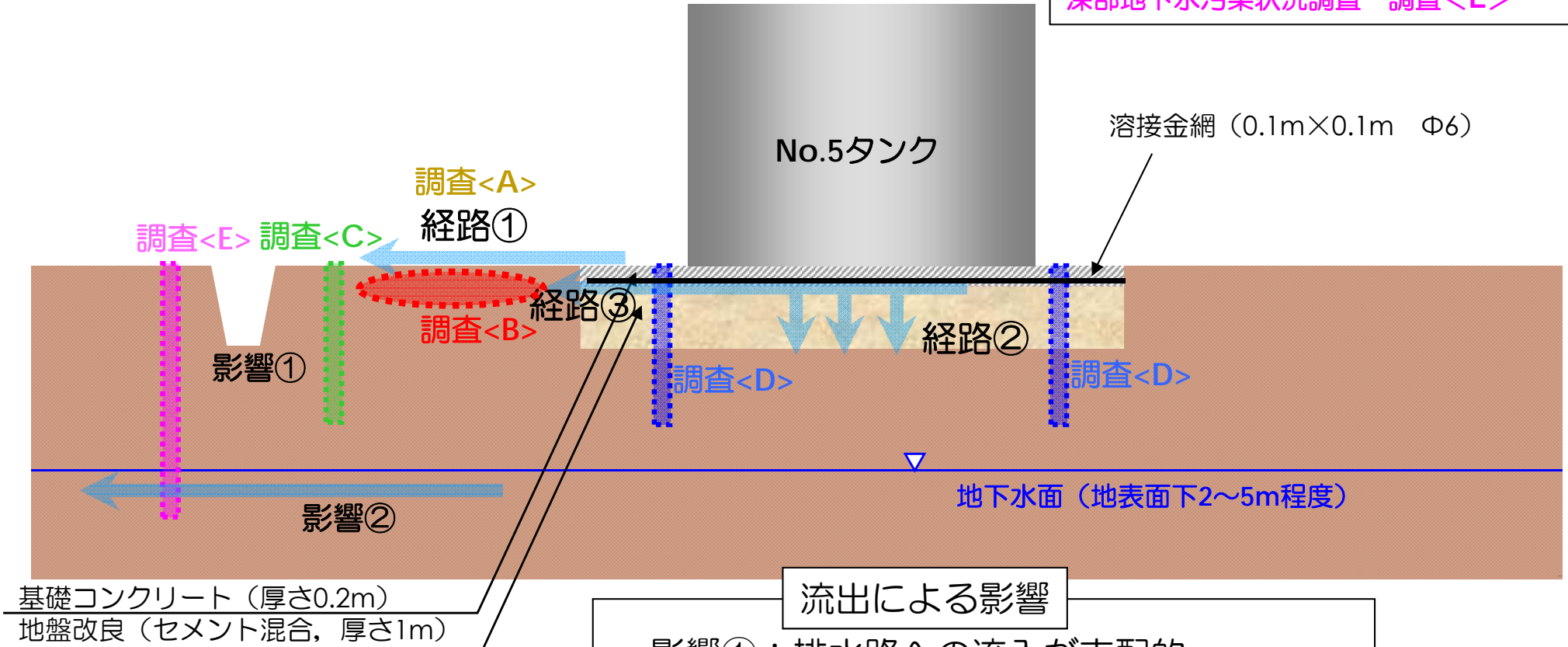
地表面の線量調査 調査<A>

重汚染土壌の調査回収 調査

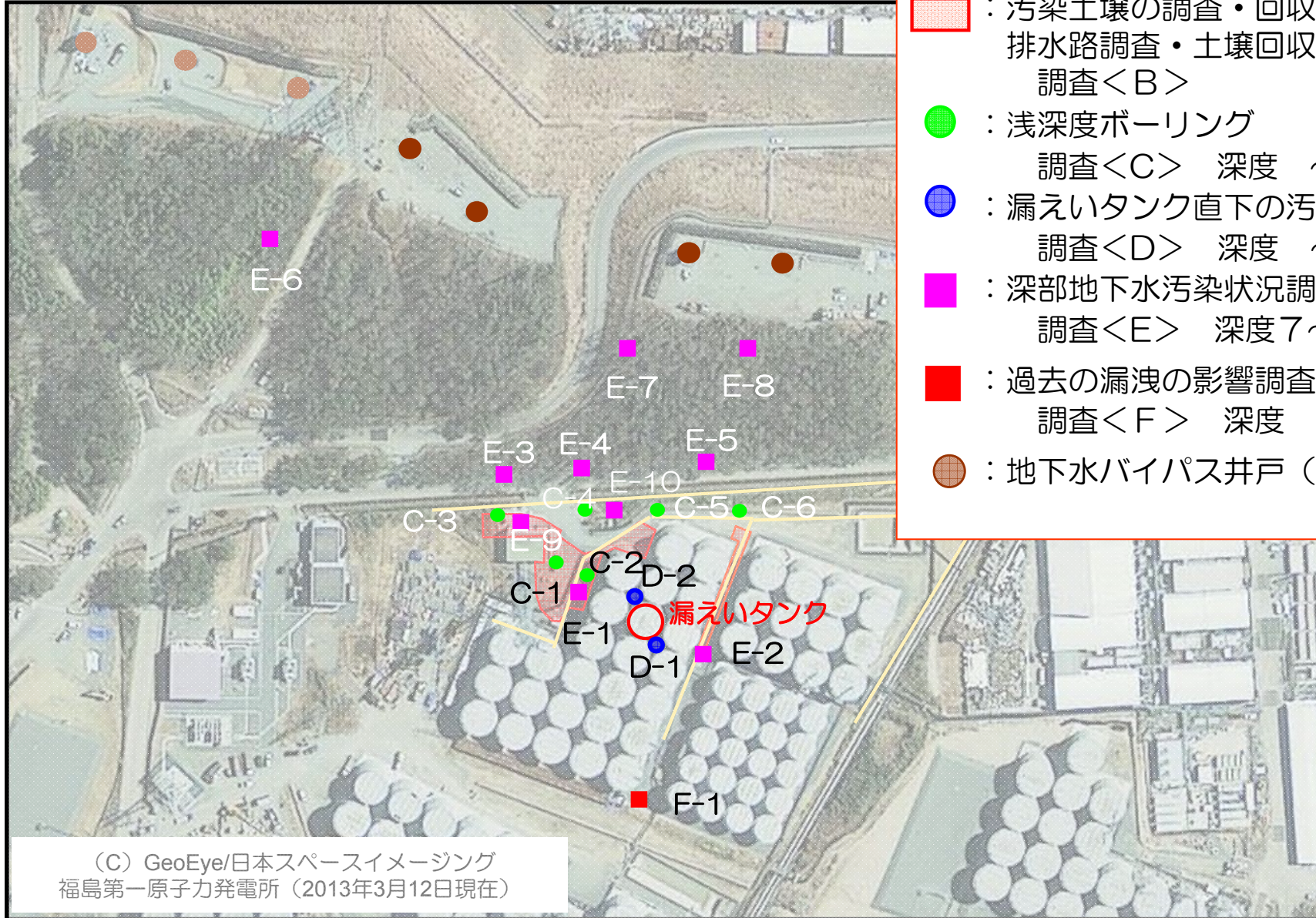
浅深度ボーリング 調査<C>

漏えいタンク直下の汚染確認 調査<D>

深部地下水汚染状況調査 調査<E>



(参考) タンク周辺調査位置図



- : 地表面の線量調査
調査<A>
- : 汚染土壌の調査・回収
排水路調査・土壌回収
調査
- : 浅深度ボーリング
調査<C> 深度 ~2m 6箇所
- : 漏えいタンク直下の汚染確認
調査<D> 深度 ~2m 2箇所
- : 深部地下水汚染状況調査
調査<E> 深度7~25m 10箇所
- : 過去の漏洩の影響調査
調査<F> 深度 7m 1箇所
- : 地下水バイパス井戸 (既設)

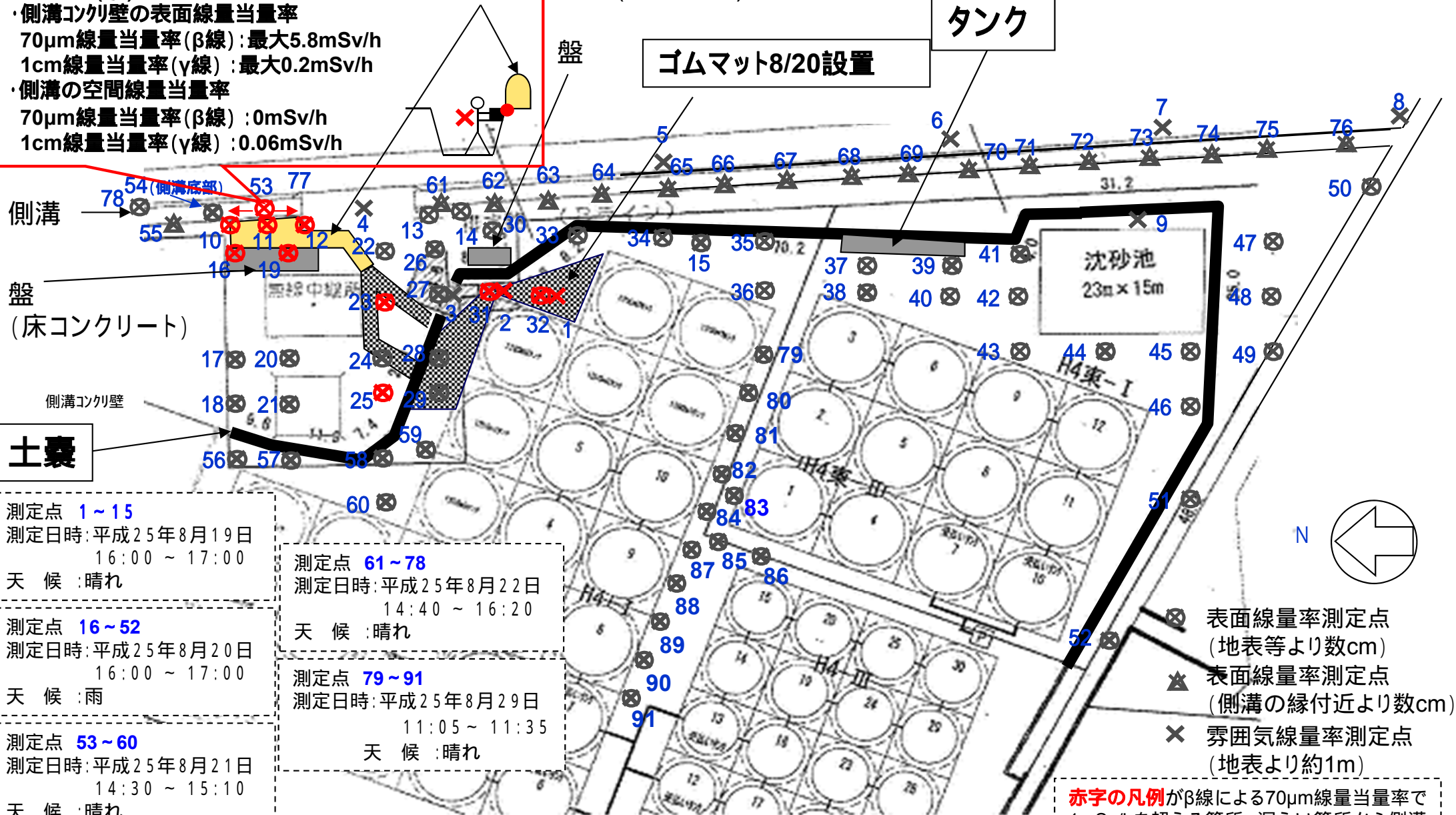
(C) GeoEye/日本スペースイメージング
福島第一原子力発電所 (2013年3月12日現在)

(参考) 地表面の線量調査状況について 調査<A>

H25.8.21(水) 14:30 ~

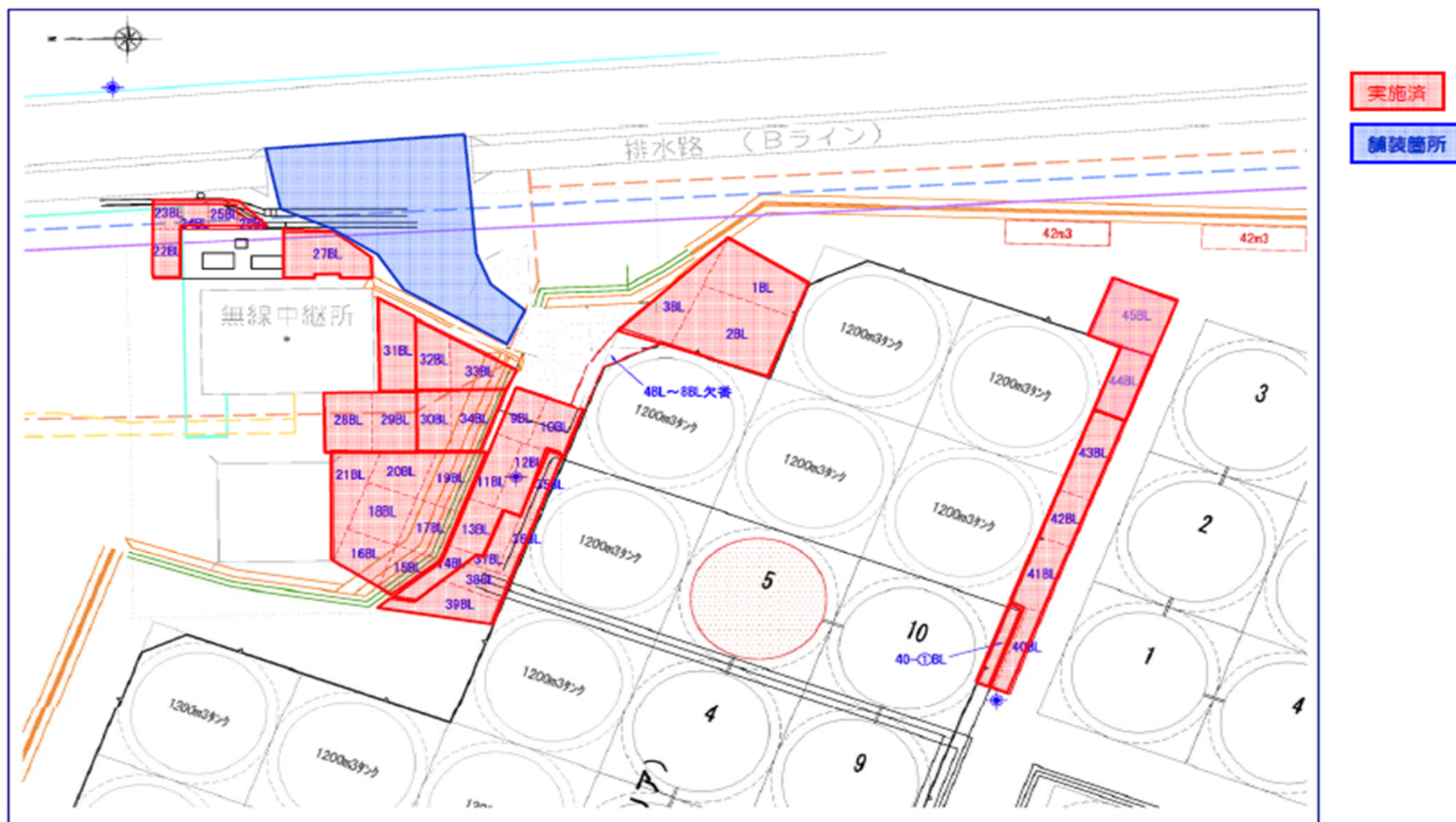
- 側溝コンクリ壁の表面線量当量率
70 μ m線量当量率(β 線) : 最大5.8mSv/h
1cm線量当量率(γ 線) : 最大0.2mSv/h
- 側溝の空間線量当量率
70 μ m線量当量率(β 線) : 0mSv/h
1cm線量当量率(γ 線) : 0.06mSv/h

ブルーシート(8/20設置)で覆われたもの



(参考) 土壌回収の実施範囲 調査 < B >

- 土壌の回収は、図に示すようにブロック毎に掘削作業を実施した。
- 漏洩水による水たまり及び流れた痕を中心に、地表面サーベイ結果を踏まえて実施。



(参考) 土壌回収実績 調査 < B >

- 土壌の回収に際しては、掘削後の地表面で線量率測定を実施し、原則としてバックグラウンド同等（0.01mSv/h以下）になる深さまで掘削を行った。
- 堰の横や構造物の周囲等、安全上及び作業上の制限により、バックグラウンド同等になるまで掘削できなかった箇所が一部に存在。

ブロック	線量計測深度	線量(mSv/h)	掘削土量(m3)	備考	ブロック	線量計測深度	線量(mSv/h)	掘削土量(m3)	備考
1	GL-3000	0.009	60		27	GL-1000	0.008	29	
2	GL-3000	0.009	96		28	GL-2500	0.040	26	安全性を考慮
3	GL-3000	0.009	64		29	GL-2500	0.10	17	安全性を考慮
9	GL-1080	0.005	16		30	GL-1000	0.008	18	
10	GL-1480	0.008	24		31	GL-2500	0.110	23	安全性を考慮
11	GL-840	0.008	15		32	GL-3000	0.007	30	
12	GL-860	0.008	16		33	GL-3000	0.130	10	安全性を考慮
13	GL-550	0.009	10		34	GL-1500	0.006	6	
14	GL-400	0.006	3		35-1	GL-2000	13.00	10	安全性を考慮
15	GL=1050	0.009	17		35-2	GL-2000	1.70	9	安全性を考慮
16	GL-900	0.004	21		36	GL-2000	0.80	19	安全性を考慮
17	GL-600	0.006	10		37	GL-2000	2.20	15	安全性を考慮
18	GL-600	0.007	15		38	GL-800	0.007	25	
19	GL-700	0.004	18		39	GL-1000	0.008	27	
20	GL-600	0.006	21		40	GL-1600	0.008	16	
21	GL-600	0.008	3		40-1	GL-1800	0.007	16	
22	GL-900	0.005	7		41	GL-1500	0.008	24	
23	GL-900	0.008	3		42	GL-1300	0.009	31	
24	GL-1650	0.35	3	支障物(埋設物)	43	GL-1500	0.008	19	
25	GL-1000	0.34	9	支障物(埋設物)	44	GL-1500	0.007	32	
26	GL-1000	0.35	6	支障物(埋設物)	45	GL-1500	0.005	39	

累計除去数量

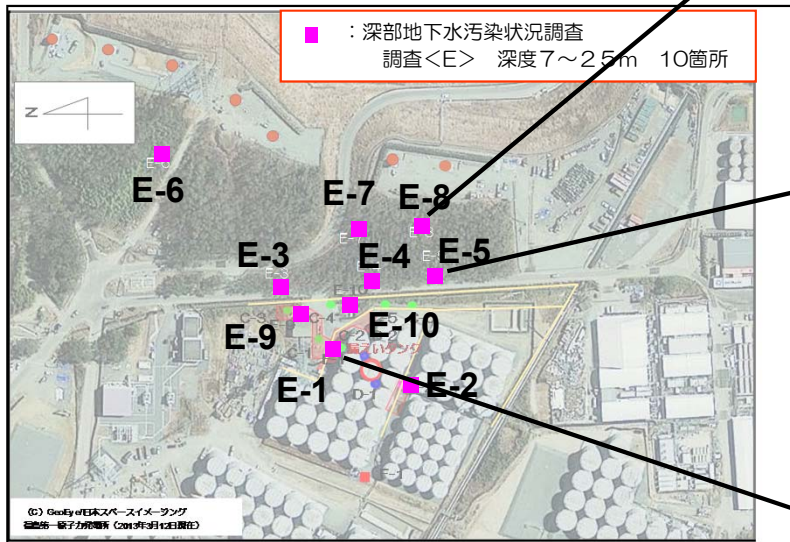
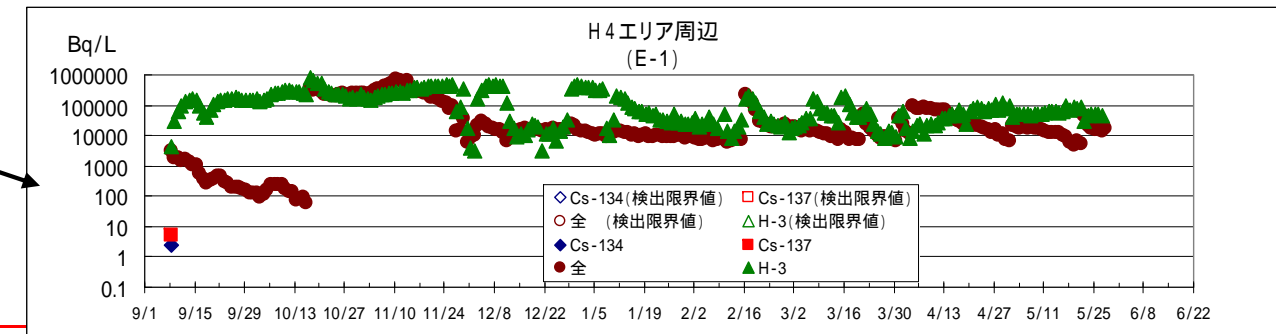
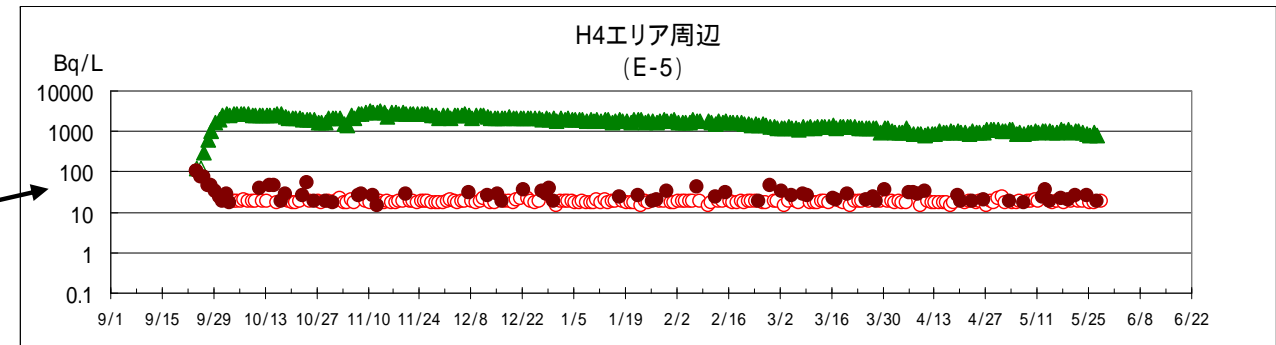
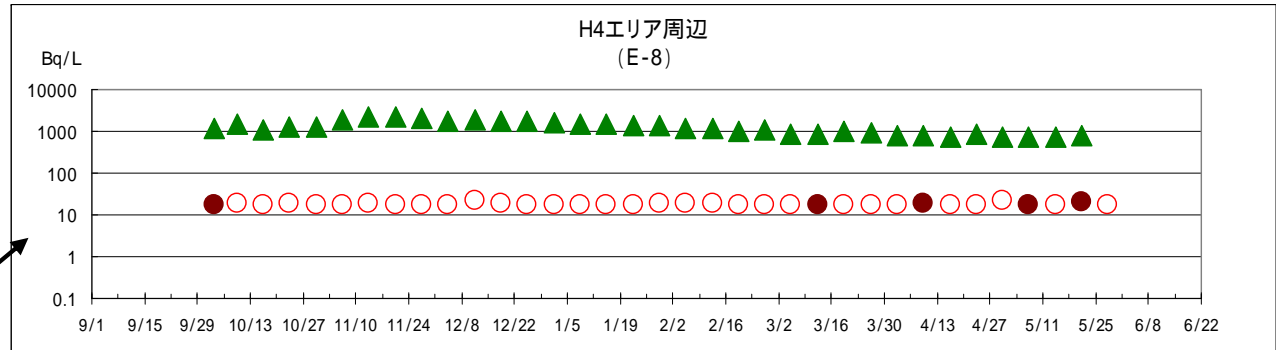
878 m3

※ 測定器はシャロー型電離箱を使用し、70 μ m線量当量率（ β ）の測定を実施。

(参考) 地下水の分析結果(調査E 深部地下水汚染状況調査)

- 汚染水が流出したタンクに近いE-1においては、採水開始直後から全β、トリチウム濃度が高く、現在も10000Bq/Lを超える濃度。降雨による影響と思われる濃度変動が見られている。
- B排水路海側のE-5においては、トリチウム濃度が1000Bq/Lを超えていたが、長期的に低下傾向。
- 地下水バイパスに近いE-8においても、E-5とほぼ同じ傾向。

■ 全βは、E-5、E-8ともに数十Bq/L以下の低濃度。汚染水に含まれる代表的なβ核種であるストロンチウム90は、地中では移動速度が遅く、現在もほとんどがH4エリア付近に留まっていると考えられる。



(参考) 地下水バイパス揚水井の調査結果

- H4エリアに比較的近い地下水バイパス揚水井No.9～No.12においても、全β放射能は検出されていない。
- トリチウム濃度は、揚水井No.12で2100Bq/L程度まで上昇しているが、H4エリアの漏洩発見直後から既に1000Bq/Lの濃度となっており、過去の汚染による影響も考えられる。

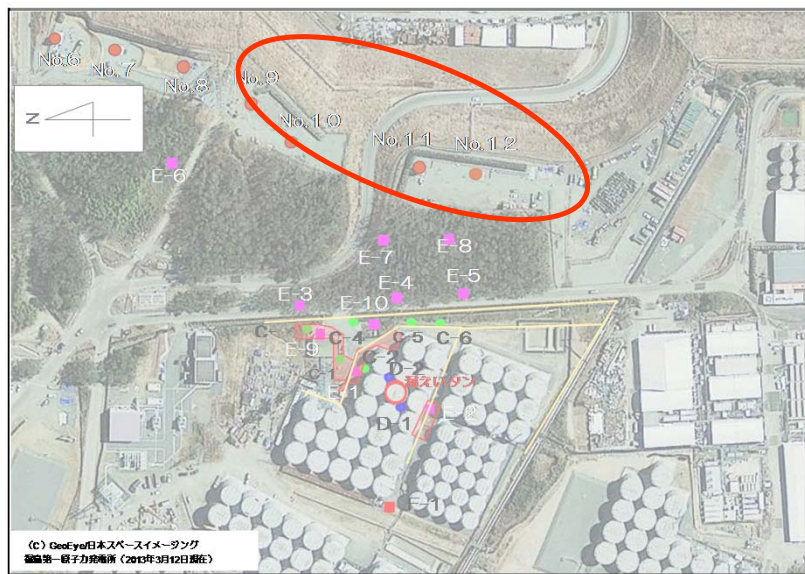
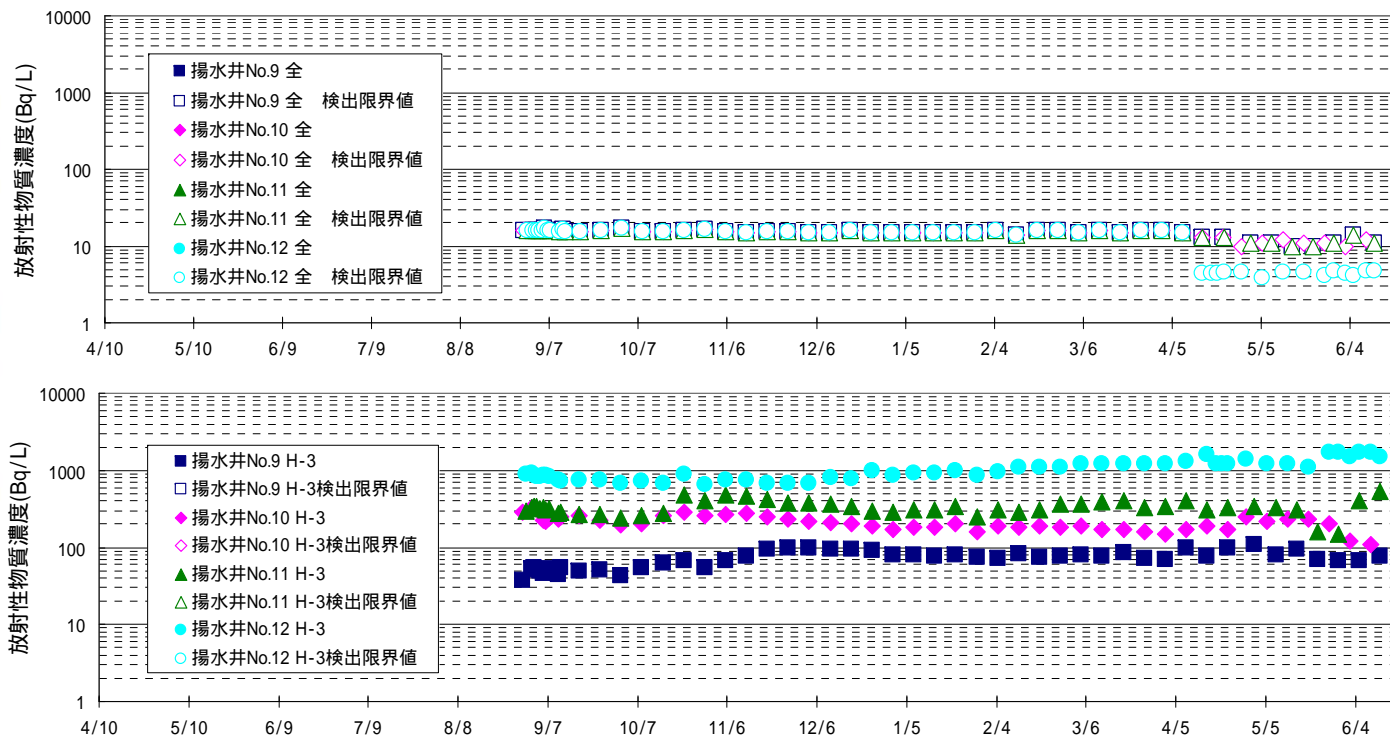


図 地下水バイパス揚水井No.9～12位置図

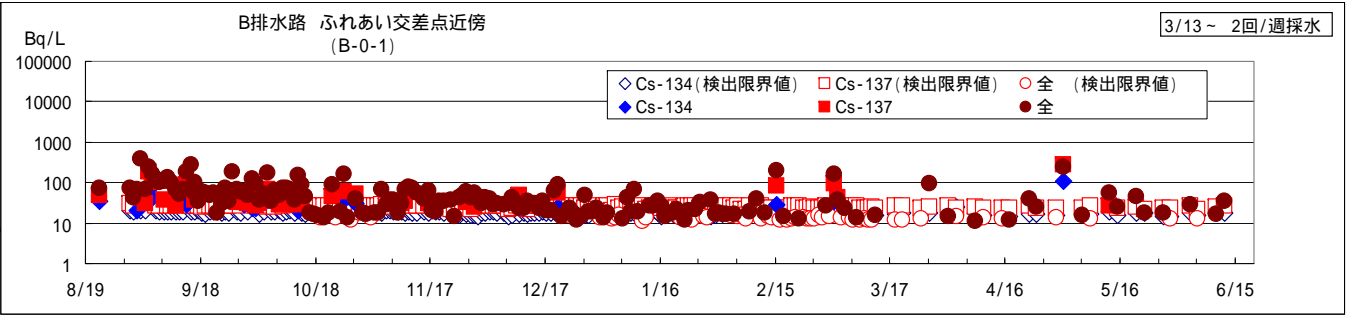
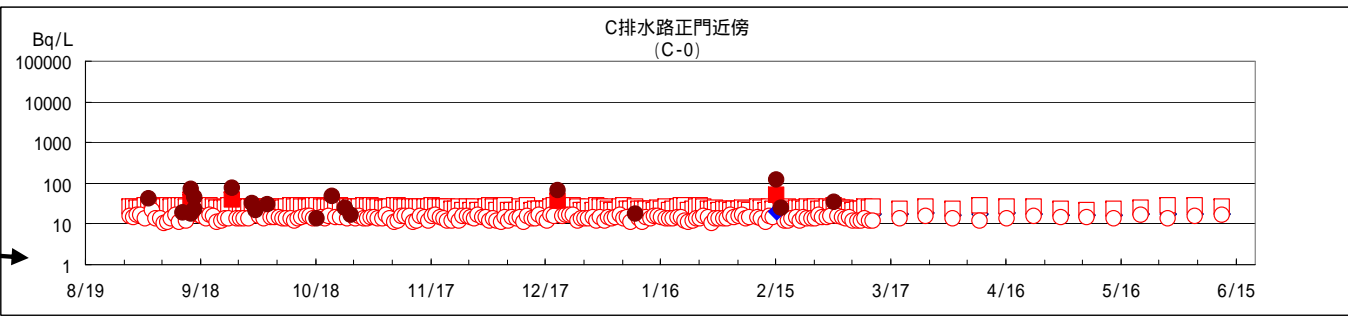
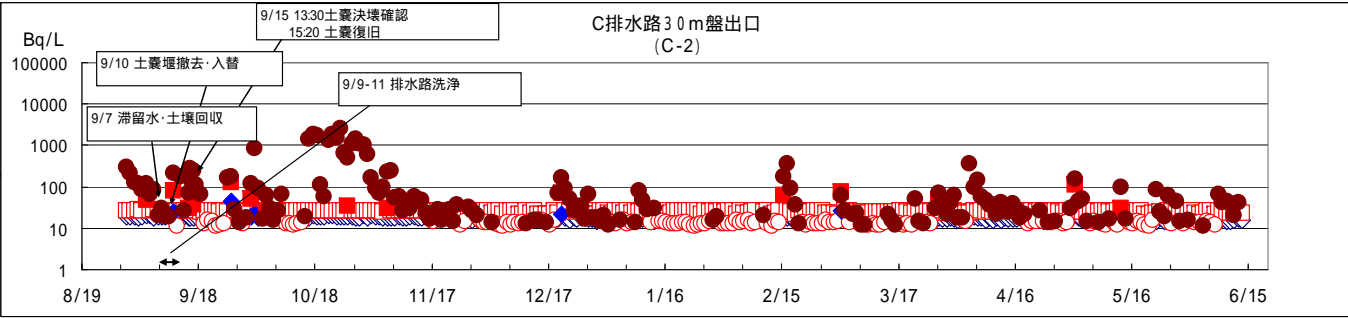


(参考) 排水路の放射能濃度推移

- 汚染水が流れ込んだ排水路は、泥及び水の回収、清掃、暗渠化を実施。
- また、暗渠化と併せて、タンクエリアの堰を高くし外周堰を設けるなど、排水路への流入防止策を実施。
- 上記の対策実施により、排水路の放射性物質濃度は低減。ただし、現在でもタンクエリアより上流側も含め、降雨時等に若干の汚染が確認される状況。
- 引き続き敷地全体の、除染やフェーシング等、環境改善に努める。

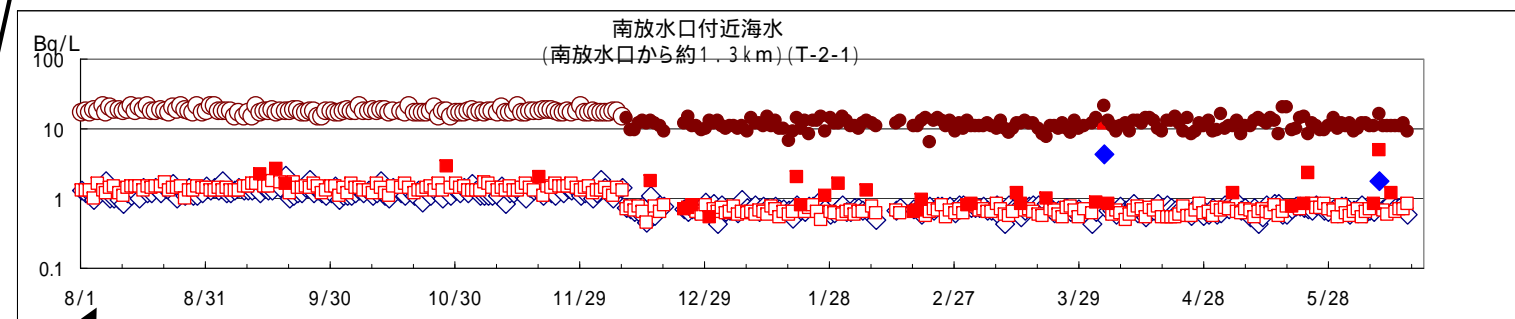
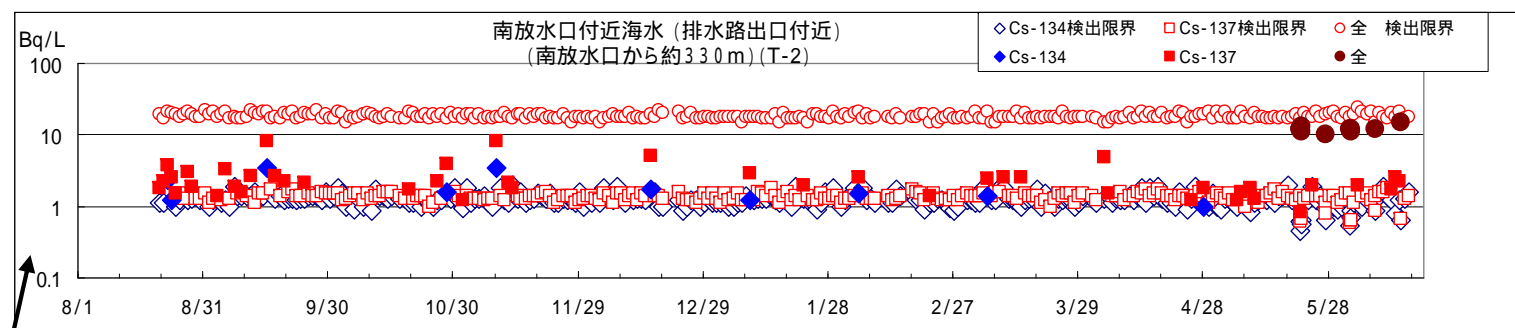


(C) GeoEye/日本スペースイメージング
福島第一原子力発電所 (2013年3月12日現在)



(参考) 海域への影響調査結果

- C排水路出口に近い、南放水口付近（排水路出口付近）では、漏えい発見後にモニタリングを開始したが、全β放射能はほとんど検出されていない。
- また、南放水口付近（南放水口から約1.3km）では、漏えい発見前の8月前半を含め、全β放射能濃度の上昇は見られていない。



注：12月以降の南放水口付近の全β放射能の検出は、検出下限値の変更によるものである。

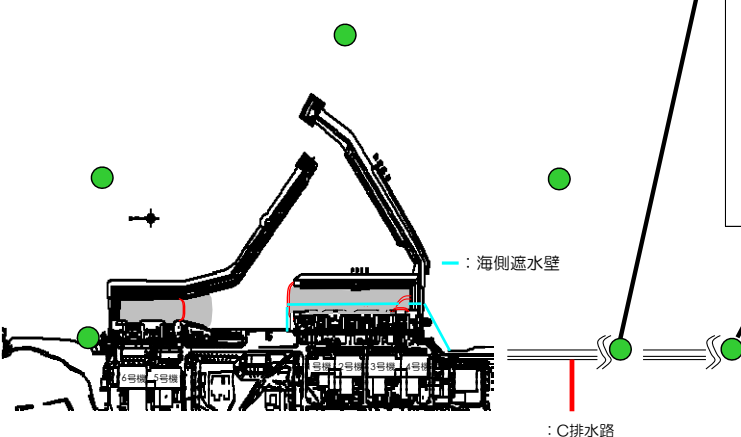


図 海水モニタリング地点