

非汚染土壌を用いた除染業務の模擬的な実験（群馬県）



写真5 山砂を用いた模擬的な除染作業風景



写真6 耕作地における模擬的な除染作業風景



写真7 水田における模擬的な除染作業風景



写真8 個人ばく露測定のための装備

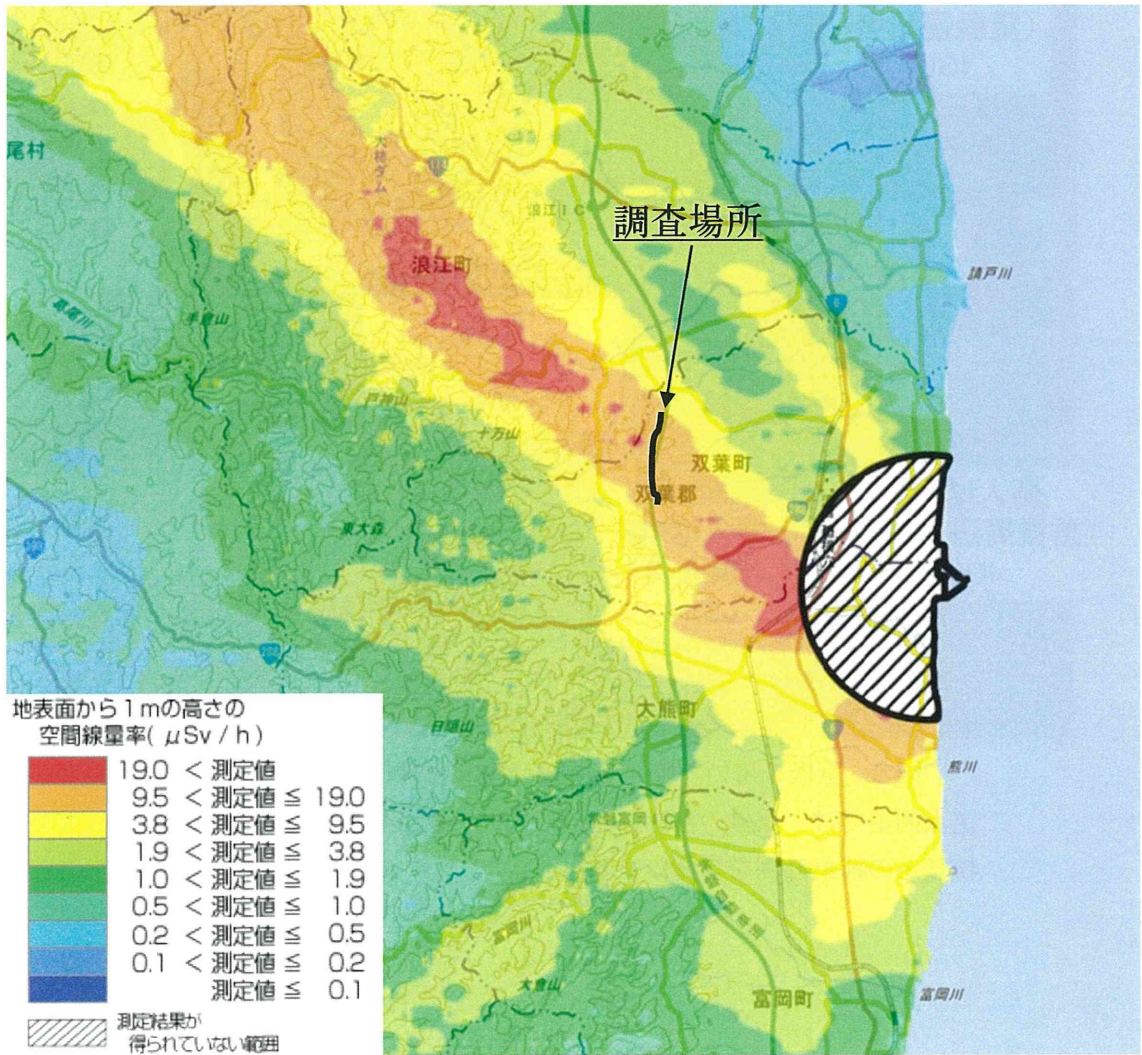


図1. 調査場所（太線上）及び放射線量分布
分布は H26.11.7 の航空機モニタリングによる
出典は放射線量分布マップ拡大サイト／電子国土

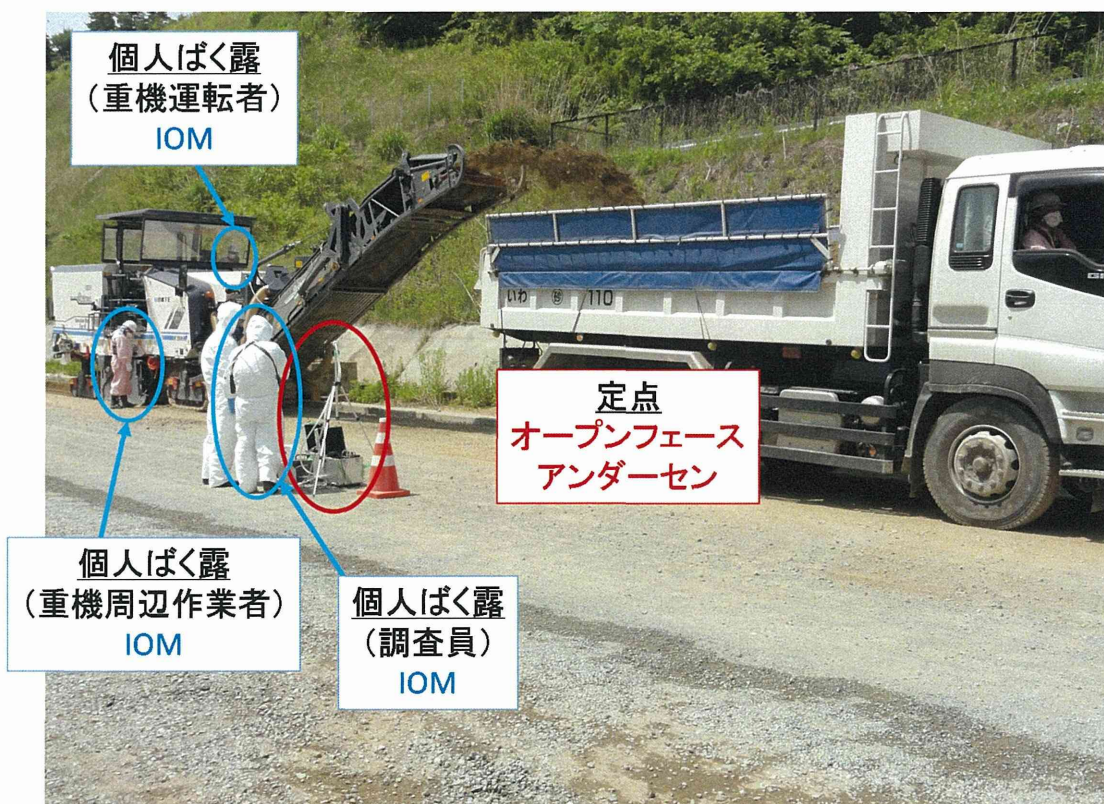


図 2. 重機を用いた除染作業及び粉じん採取作業の様子
定点測定では、重機の移動に追従して、一定の距離を保ちながら、
粉じんの捕集計測を実施した。

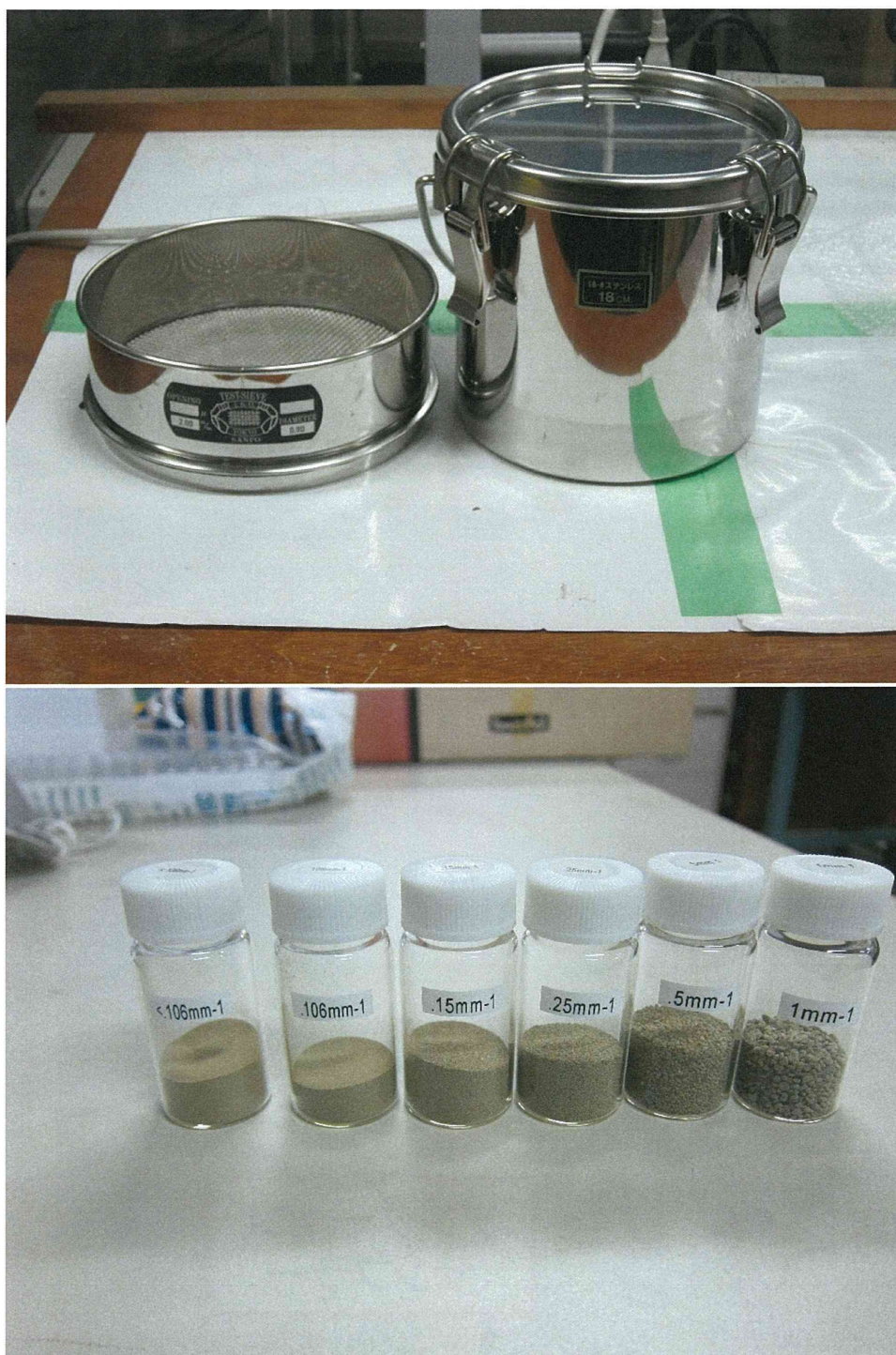


図3. 常磐高速道の工事現場より持ち帰った土壌サンプル調整
(上：ステンレス製試験ふるい (JIS Z 8801, SANPO 製)、下：目開き 2.00mm, 1.0mm, 500 μm , 250 μm , 150 μm , 106 μm でふるい分けられた土壌サンプル)

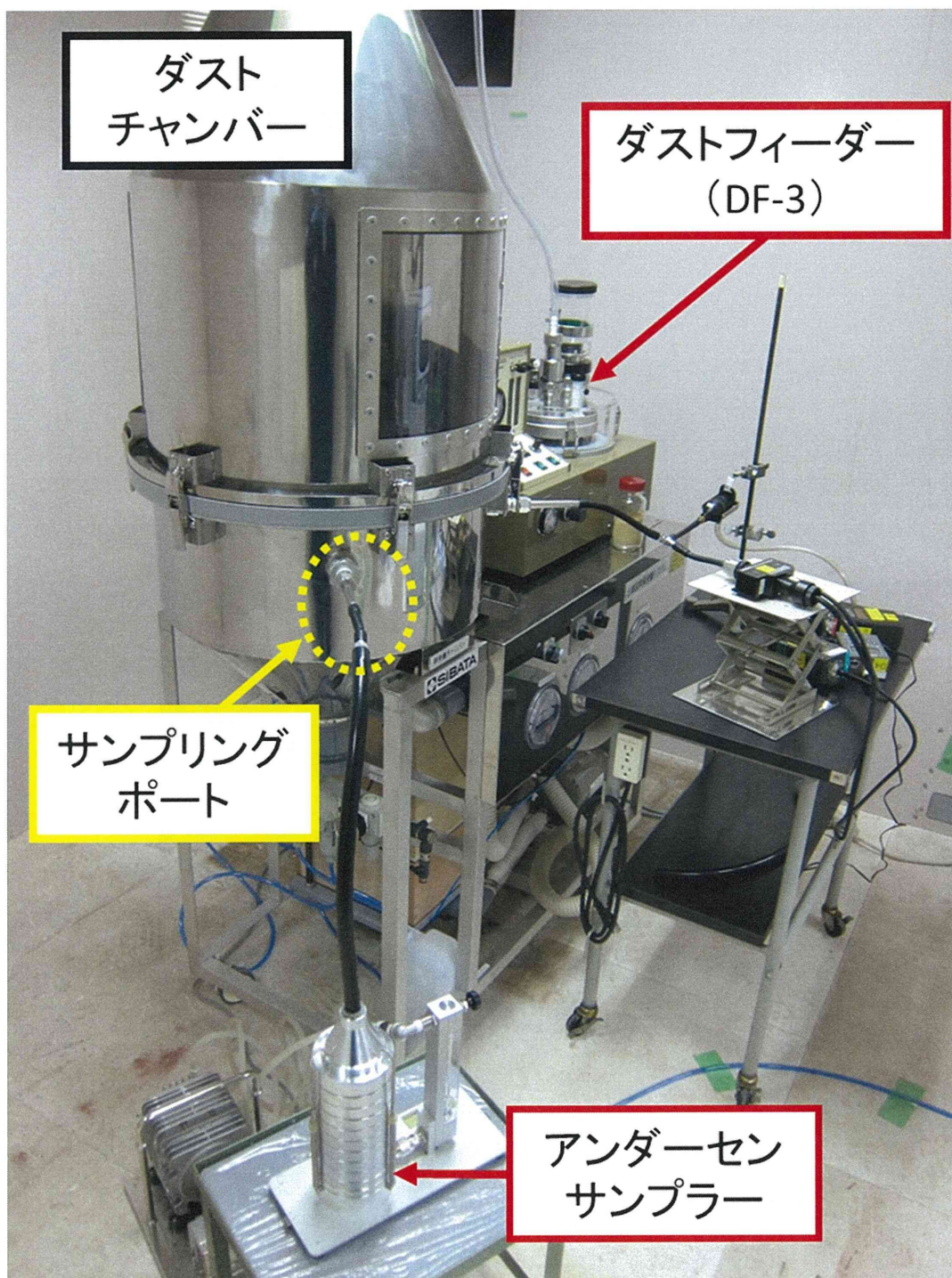
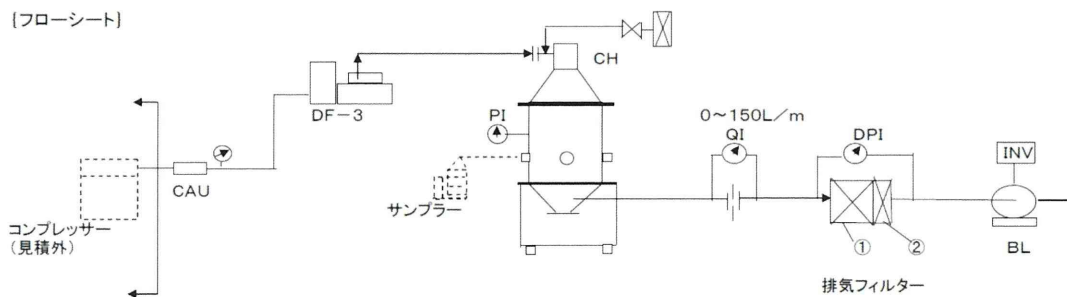


図4. 土壌再発じん装置（写真提供：独立行政法人労働安全衛生総合研究所）
ダストフィーダーによりチャンバーに飛散した粉じんは、
サンプリングボードを経由してアンダーセンサンプラーにより分級捕集される。

土壤試料再発じんシステム

[フローシート]



CAU: クリーンエアユニット(減圧弁付き)
 DF-3: ダストファイダー
 CH: チャンバー SUS304製(φ500φ×600H・直胴部)フランジ型
 PI: 圧力計
 DPI: 差圧計
 QI: 排気流量計
 BL: 排気プロア

INV: インバータ(流量可変用)

排気フィルター(300角)

- ①: 中性能フィルター(ダストロン)
- ②: 高性能フィルター(ヘパ)

図 5. 土壤試料再発じんシステム

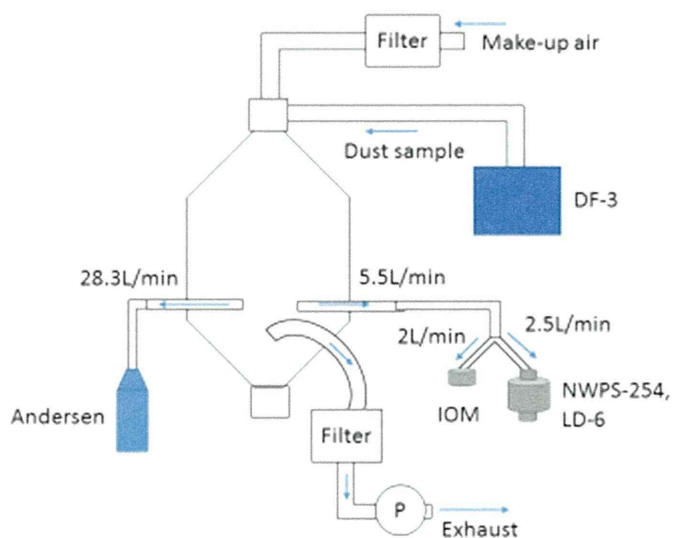


図 6. 土壤試料再発じんシステムの配管概念図

模擬的な除染作業におけるアンダーセンサンプラー結果

表1. 各作業・各ステージの粉じん捕集量

ステージ	粒径 [μm]	捕集量 [μg]			
		山砂_乾燥	山砂_湿潤	畑	水田
0	> 11	142.1	110.4	129.3	39.3
1	7.0-11	95.4	40	114.2	17.8
2	4.7-7.0	75.3	43.1	42.5	17
3	3.3-4.7	45.8	24.4	28.1	18.7
4	2.1-3.3	33.2	9.3	2.4	12.9
5	1.1-2.1	23.1	2.5	-12.8	5
6	0.65-1.1	77.7	22.9	-18.1	11.8
7	0.43-0.65	84.8	25.6	-8.5	5.7
バックアップ	< 0.43	87.8	21.3	8.5	0.4

グレーの項目は、目に見える粒子を取り除いた後の値

表2. 各作業のサンプリング時間

作業	サンプリング時刻(時間)
山砂_乾燥	10:01-11:59 (118min), 13:21-14:32 (71min)
山砂_湿潤	15:12-16:01(48 min)
畑	9:48-11:53 (125min)
水田	13:30-15:11(101min)

表3. 粒径別粉じん濃度

ステージ	粒径 [μm]	粉じん濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
		山砂_乾燥	山砂_湿潤	畑	水田
0	> 11	26.6	81.3	36.6	13.7
1	7.0-11	17.8	29.4	32.3	6.2
2	4.7-7.0	14.1	31.7	12.0	5.9
3	3.3-4.7	8.6	18.0	7.9	6.5
4	2.1-3.3	6.2	6.8	1.4	4.5
5	1.1-2.1	4.3	1.8	0.0	1.7
6	0.65-1.1	14.5	16.9	0.0	4.1
7	0.43-0.65	15.9	18.8	0.0	2.0
バックアップ	< 0.43	16.4	15.7	2.4	1.7

注) 捕集量がマイナスの値は0 [μg], 0-5 [μg]の値は5 [μg]として濃度算出

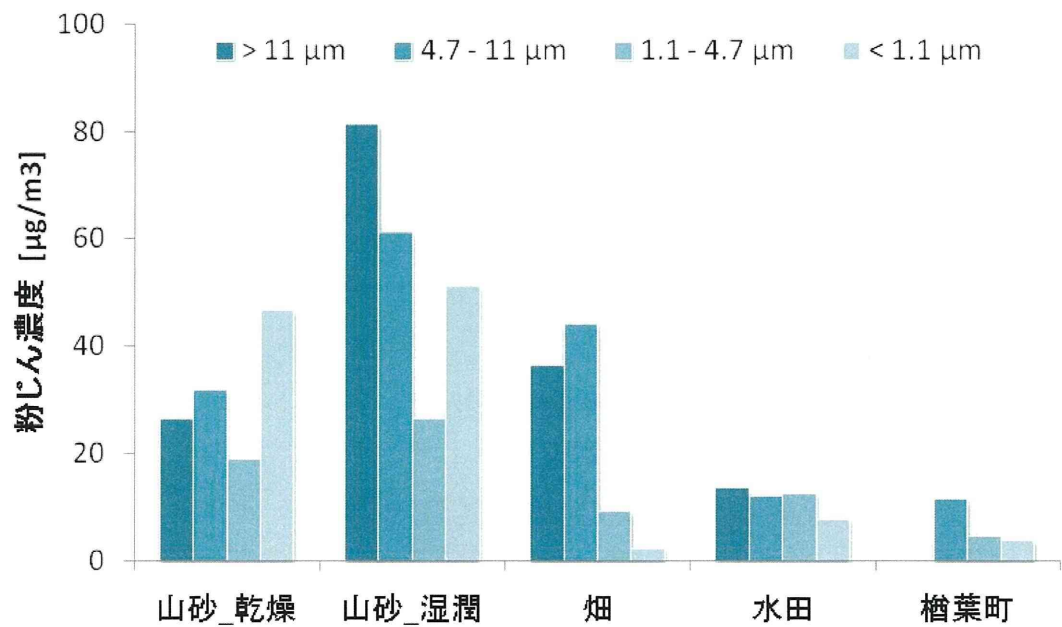


図 1. 各作業に対応した粒径別粉じん濃度

檜葉町の $11\mu\text{m}$ 以上の濃度は、砂粒の入り込みによる過大評価の可能性があるので省いた。

表 4. 常磐高速道工事現場における粉じんばく露等の測定結果（現場調査より）

測定ポイント	サンプラー及びフィルター径	吸引流量(総吸引量)	質量濃度
重機運転席	IOM(25mm)	2 L/min (519.6 L)	1.82 mg/m ³
重機周辺作業員	IOM(25mm)	2 L/min (538.8 L)	1.47 mg/m ³
調査員	IOM(25mm)	2 L/min (562.4 L)	0.67 mg/m ³
定点①	オープンフェイス(55mm)	30 L/min (6950 L)	0.60 mg/m ³
定点②R	NW-354(35mm)	20 L/min (4018 L)	0.07 mg/m ³
定点②T	NW-354(衝突版)	20 L/min (4018 L)	0.60 mg/m ³

表 5. アンダーセンサンプラーによる捕集粉じん量
（常磐高速道工事現場における現場調査より）

ステージ	粒径(μg)	捕集量(μg)
0	>11	239.9
1	7.0-11	245.6
2	4.7-7.0	255.5
3	3.3-4.7	210.2
4	2.1-3.3	113.5
5	1.1-2.1	10.0
6	0.65-1.1	9.6
7	0.43-0.65	22.6
バックアップ	<0.43	1.3

表 6. 常磐高速道工事現場での粉じん濃度及び空気中¹³⁷Cs濃度（現場調査より）

試料	粒径	粉じん濃度	¹³⁷ Cs濃度	空気中 ¹³⁷ Cs濃度
現場土壌	< 2mm	—	12 Bq/g	—
重機周辺作業員	インハラブル粉じん	1.47 mg/m ³	124 Bq/g	0.182 Bq/m ³
調査員	インハラブル粉じん	0.67 mg/m ³	190 Bq/g	0.127 Bq/m ³
重機運転席	インハラブル粉じん	1.82 mg/m ³	241 Bq/g	0.439 Bq/m ³
定点(オープンフェイス)	インハラブル粉じん	0.60 mg/m ³	173 Bq/g	0.104 Bq/m ³
定点(アンダーセン)	4.7-7.0 μm	0.03 mg/m ³	262 Bq/g	0.010 Bq/m ³
定点(アンダーセン)	3.3-4.7 μm	0.02 mg/m ³	319 Bq/g	0.010 Bq/m ³

表 7. 排気流量が 40L/min 以下での再発じん実験における粉じん捕集量と質量濃度
 (後の解析では Lab experiment 1 あるいは Jobando 1 とする、下図は各フィルター)

項目	粒径 μm	捕集量 μg	捕集時間 min	流量 L/min	総流量 L	濃度 mg/m^3
Andersen	>11	6972	180	28.3	5049	1.369
	7.0-11	2508				0.492
	4.7-7.0	4918				0.965
	3.3-4.7	6284				1.234
	2.1-3.3	2789				0.547
	1.1-2.1	456				0.090
	0.65-1.1	57				0.011
	0.43-0.65	10				0.002
	<0.43	18				0.004
	total	24011		4.714		
IOM	Inhalable	1698	186	2	373.1	4.551
NWPS245	>4	1948	189	2.5	474	4.109
	Respirable	405				0.854
	total	2353				4.962

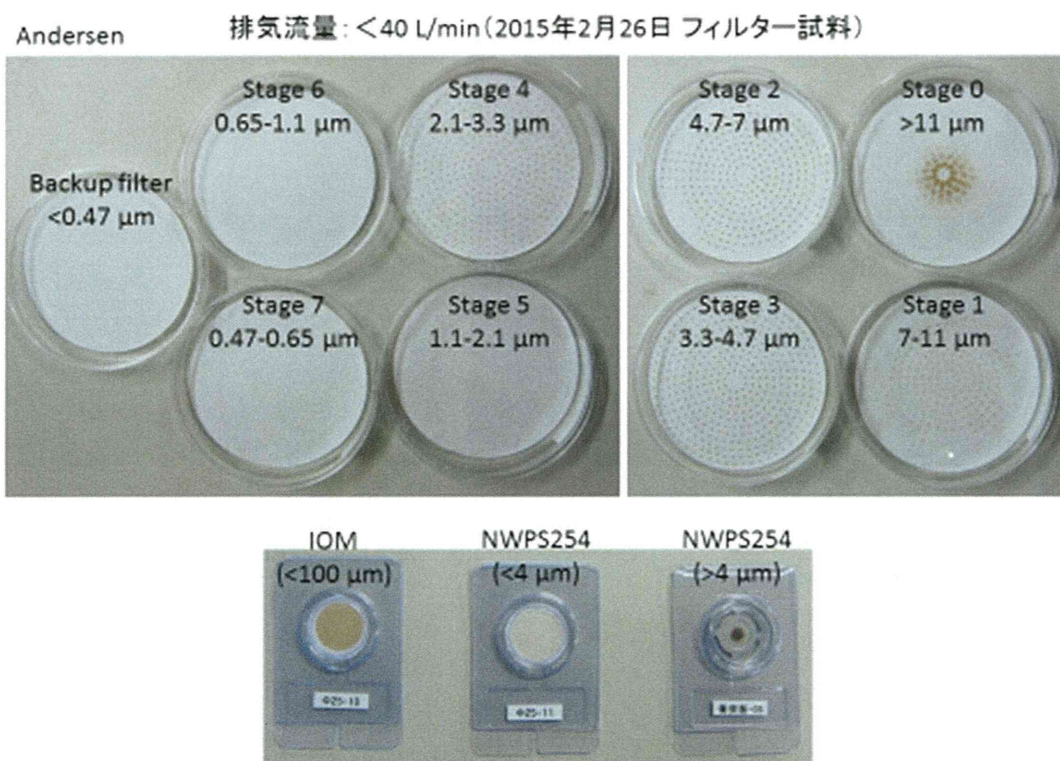
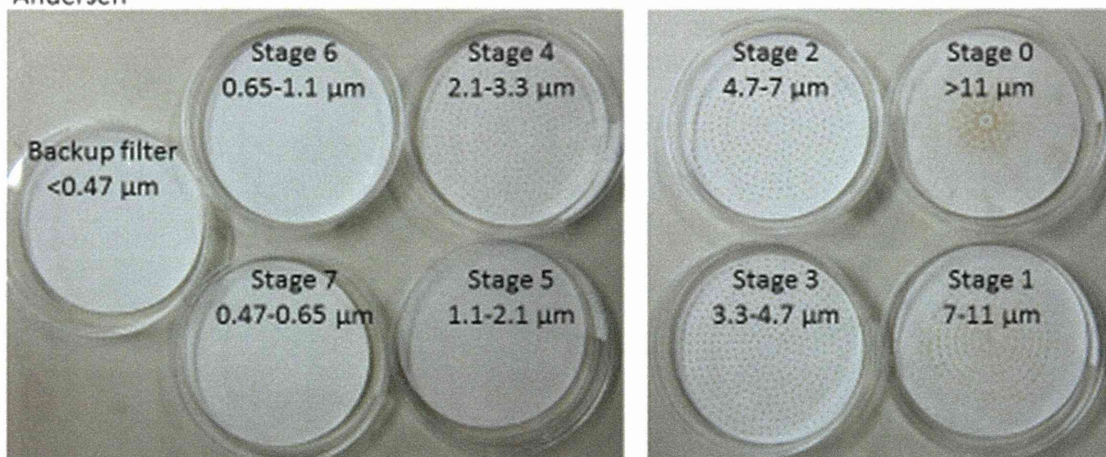


表 8. 排気流量が 150L/min での再発じん実験における粉じん捕集量と質量濃度
 (後の解析では Lab experiment 2 あるいは Jobando 2 とする、下図は各フィルター)

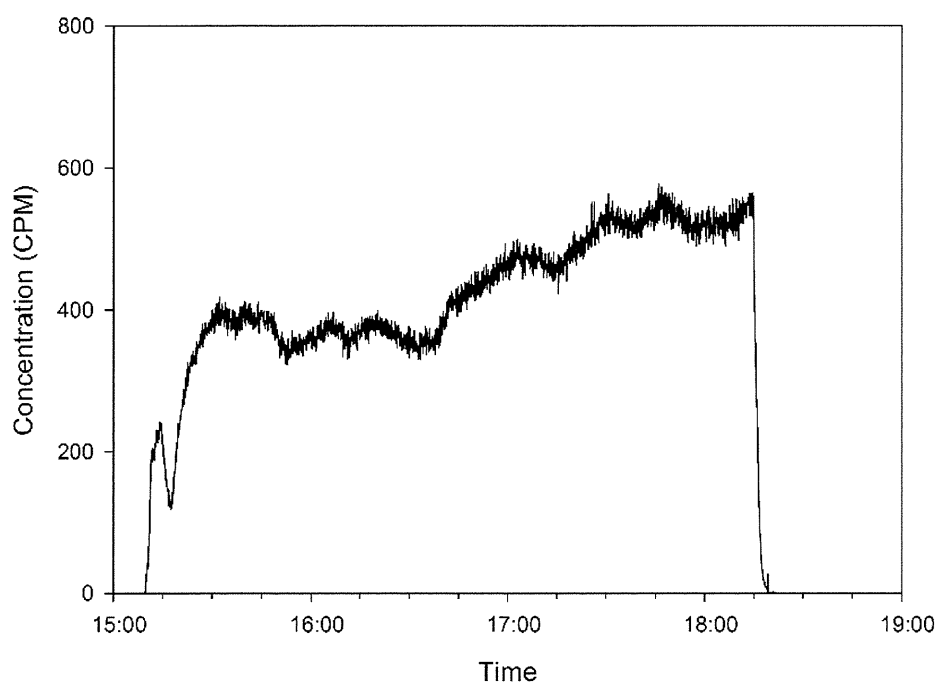
項目	粒径	捕集量 μg	捕集時間 min	流量 L/min	総流量 L	濃度 mg/m^3
Andersen	>11	9974	248	28.3	7018	1.421
	7.0-11	7528				1.073
	4.7-7.0	3419				0.487
	3.3-4.7	3408				0.486
	2.1-3.3	1499				0.214
	1.1-2.1	331				0.047
	0.65-1.1	45				0.006
	0.43-0.65	10				0.001
	<0.43	22				0.003
	total	26236				3.738
IOM	Inhalable	937	247	2	495	1.893
NWPS245	>4	1130	247	2.5	618	1.830
	Respirable	191				0.309
	total	1321				2.139

Andersen

排気流量: 150 L/min (2015年3月2日 フィルター試料)



LD-6 (2015/2/26)



LD-6 (2015/3/2)

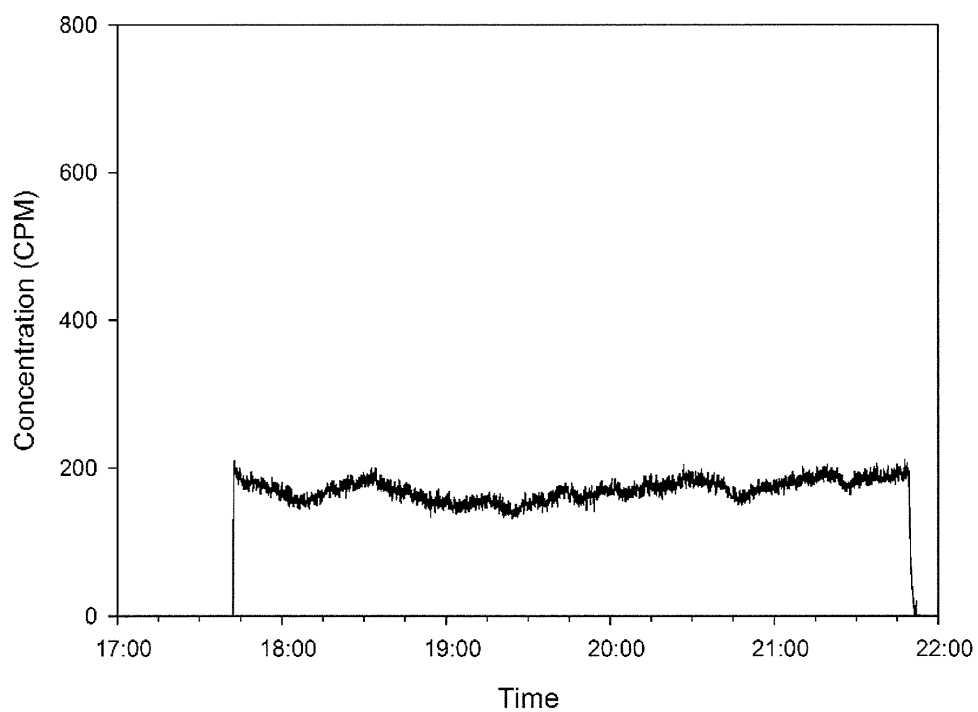


図 8. 粉じん計 (LD-6) のよる実験中の粉じん濃度の時系列計測値の推移
(上は排気流量が 40L/min 以下、下は 150L/min の再発じん実験)

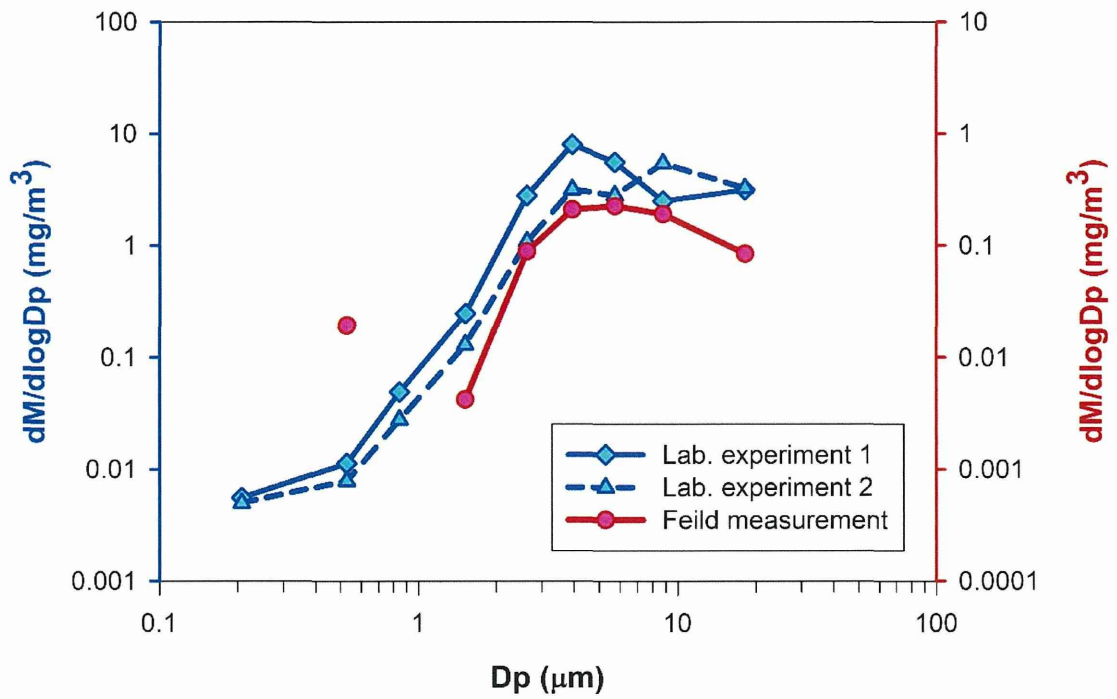


図9. アンダーセンによる粒径分布の違い
(青色は再発じん実験 Lab.1:40L/min 以下と Lab.2:150L/min、赤色は現場調査)

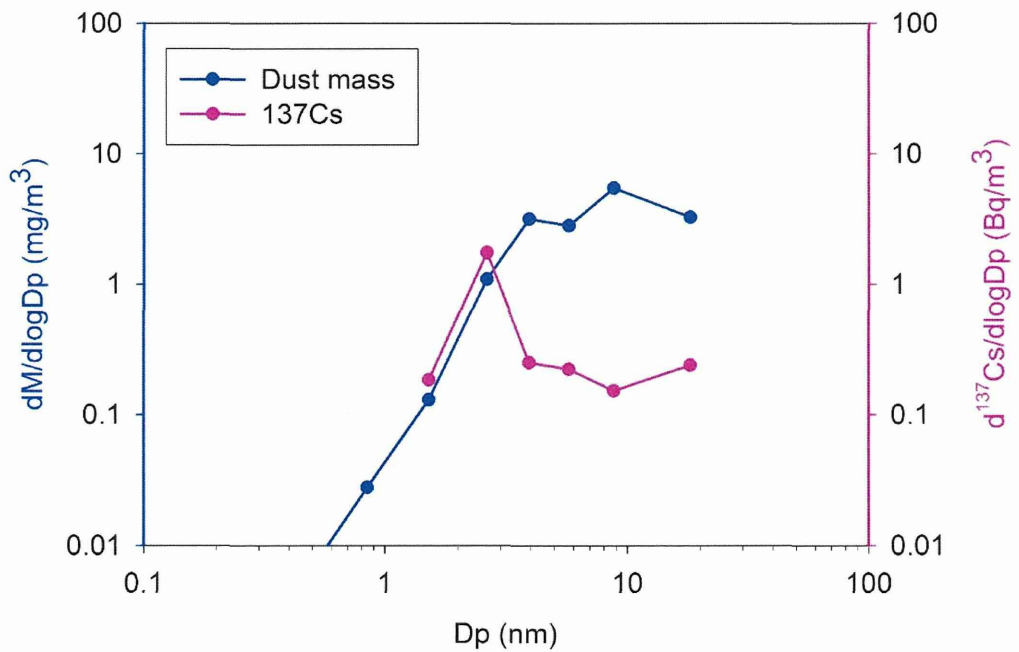


図10. 常磐高速道工事現場の土壌の再発じん実験で得られた空気中¹³⁷Cs濃度の分布(Lab2)

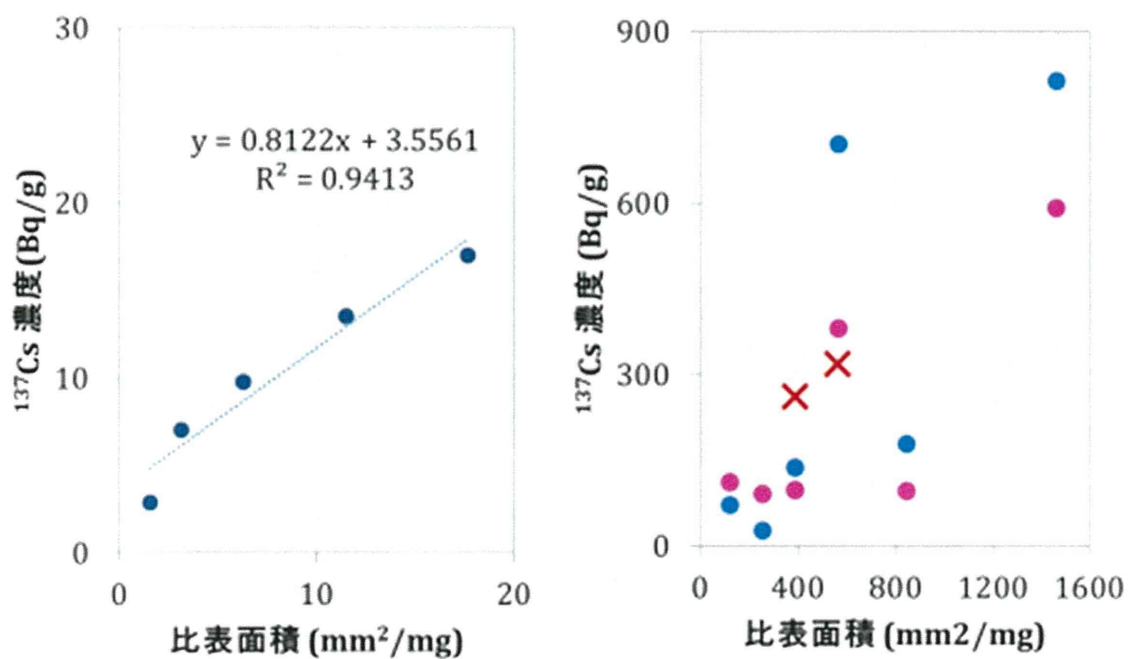


図 11. 比表面積と¹³⁷Cs 濃度の関係

左図はふるい分級試料（左から 1-2, 0.5-1, 0.25-0.5, 0.15-0.25, 0.106-0.15mm）、右図はアンダーセンサンプラーで得られた分級試料（左から >11, 7.0-11, 4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3, 1.1-2.1 μ m の分級試料）、青色は 40L/min 以下、赤色は 150L/min、×は現場調査結果より

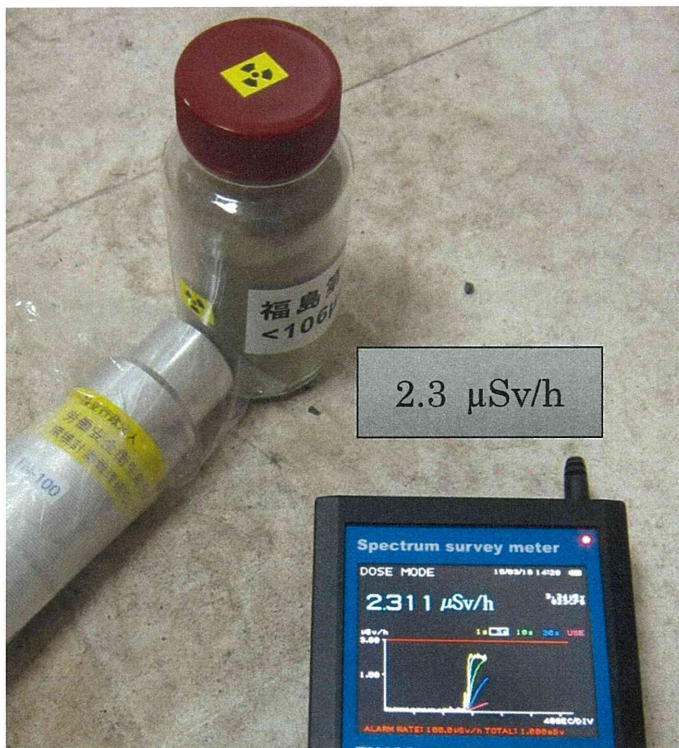
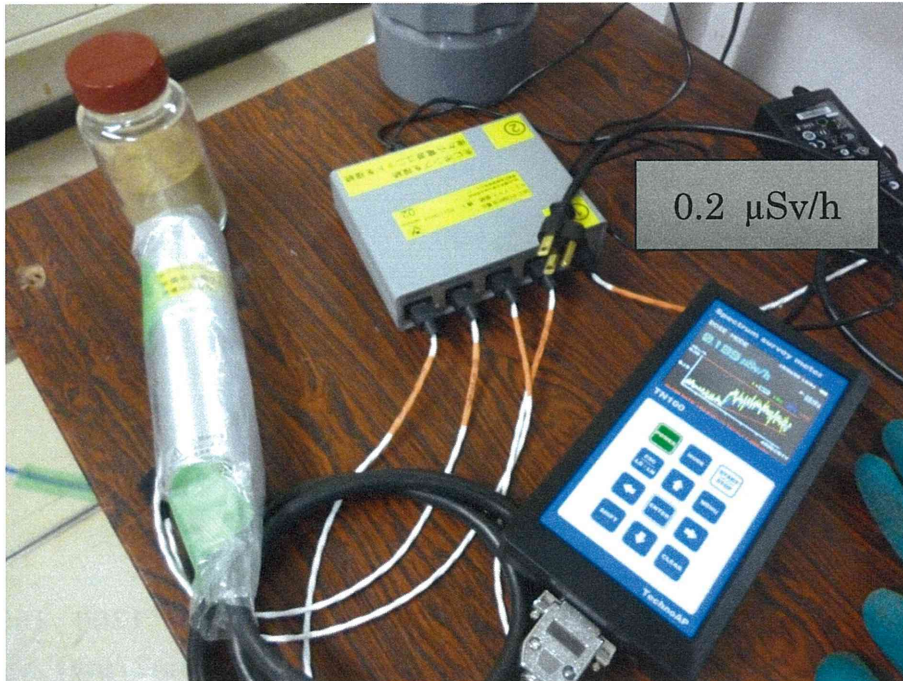


図 12. 採取された土壌をふるい等によって前処理された試料の放射線量
上は常磐高速道工事現場、下は福島第一原発近傍で採取された土壌サンプル
バックグラウンドレベルは $0.045 \mu\text{Sv/h}$

項目	サンプルID	粒径 μm	捕集量 μg	粉じん濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	137Cs (Bq)	137Cs濃度 (Bq/kg)	空気中の 137Cs濃度 (Bq/m ³)
Andersen	φ80-61	<0.43	25	6.9	-		
	φ80-62	0.43-0.65	26	7.1	-		
	φ80-63	0.65-1.1	208	53	0.12	585,531	0.0310
	φ80-64	1.1-2.1	1230	306	0.73	593,151	0.1817
	φ80-65	2.1-3.3	2386	595	0.93	389,824	0.2318
	φ80-66	3.3-4.7	3005	750	1.2	391,268	0.2935
	φ80-67	4.7-7.0	2272	621	1.8	788,971	0.4895
	φ80-68	7.0-11	1676	409	0.59	353,675	0.1445
	φ80-69	>11	5487	1374	1.8	336,676	0.4627
IOM	φ25-18	Inhalable	977	3575	0.49	501,111	1.7182
NWPS245	衝突板-10	>4	833	2348	0.29	351,213	0.8245
	φ25-20	Respirable	404	1140	0.47	1,161,658	1.3246

項目	サンプルID	粒径 μm	捕集量 μg	粉じん濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	137Cs (Bq)	137Cs濃度 (Bq/kg)	空気中の 137Cs濃度 (Bq/m ³)
Andersen	φ80-71	<0.43	11	2.2	-		
	φ80-72	0.43-0.65	65	12	0.05	741,195	0.0086
	φ80-73	0.65-1.1	934	137	0.63	673,418	0.0924
	φ80-74	1.1-2.1	4359	646	3.2	737,474	0.4763
	φ80-75	2.1-3.3	6242	974	3.5	563,944	0.5493
	φ80-76	3.3-4.7	10018	1795	6.0	598,795	1.0750
	φ80-77	4.7-7.0	11699	1725	4.1	347,254	0.5989
	φ80-78	7.0-11	7132	1067	2.66	372,346	0.3973
	φ80-79	>11	21726	3344	9.4	434,078	1.4518
IOM	φ25-19	Inhalable	4442	9180	3.5	808,631	7.2770
NWPS245	衝突板-11	>4	4313	7100	36	8,382,943	59.5182
	φ25-21	Respirable	1439	2369	0.63	435,926	1.0329

表 9. 福島第一原発近辺の汚染土壌を用いた再発じん実験
(粉じんの捕集時間が上は 142 分、下は 241 分)

サンプルID	粒径 mm	粉体重量 g	^{137}Cs (Bq)	^{137}Cs 比放射能 (Bq/kg)
1mm-3	1.0-2.0	10.2	294	29,000
.5mm-3	0.5-1.0	11.0	634	58,000
.25mm-3	0.25-0.5	5.8	695	120,000
.15mm-3	0.15-0.25	9.0	1177	131,000
.106mm-3	0.106-0.15	7.5	1189	159,000
<.106mm-3	<0.106	5.4	1405	260,000

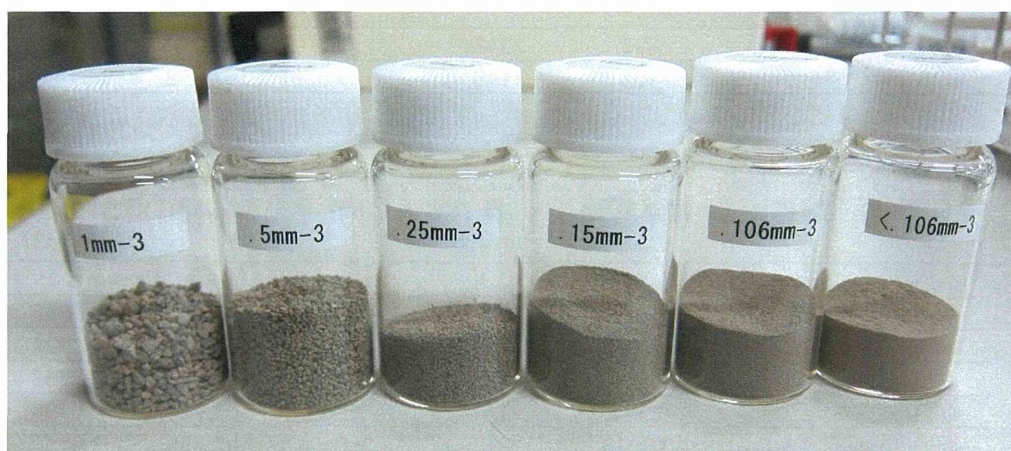


図 13. ふるわれた土壤サンプルの ^{137}Cs 比放射能レベル

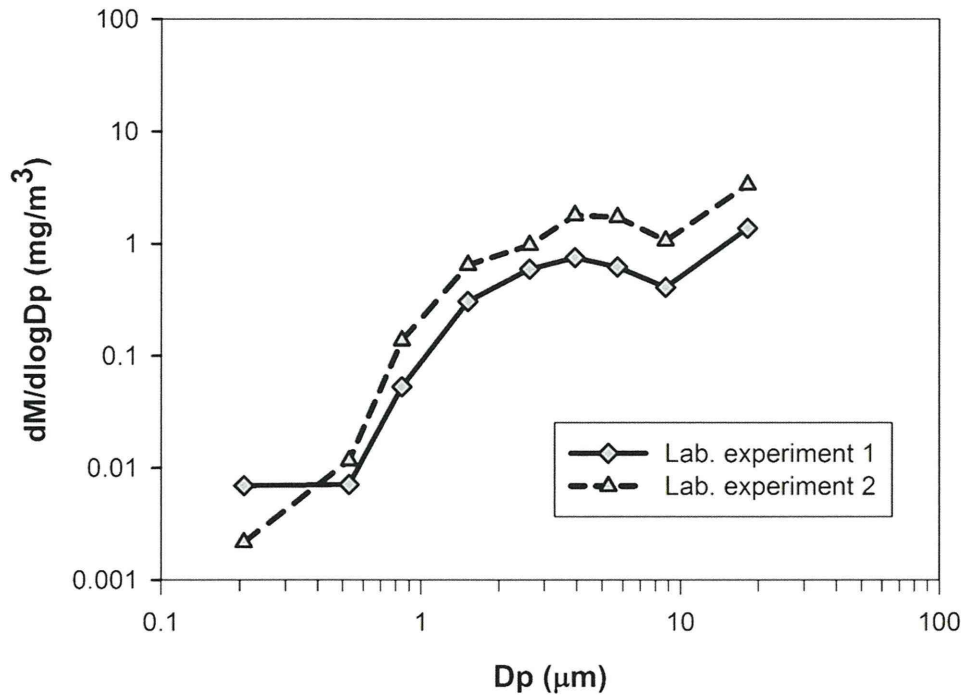


図 14. 福島 1 F 近傍の土壌の再発じん実験で得られた粉じんの粒径分布 (重量)
(Lab. Experiment 1: 143mins , Lab Experiment 2: 241mins)

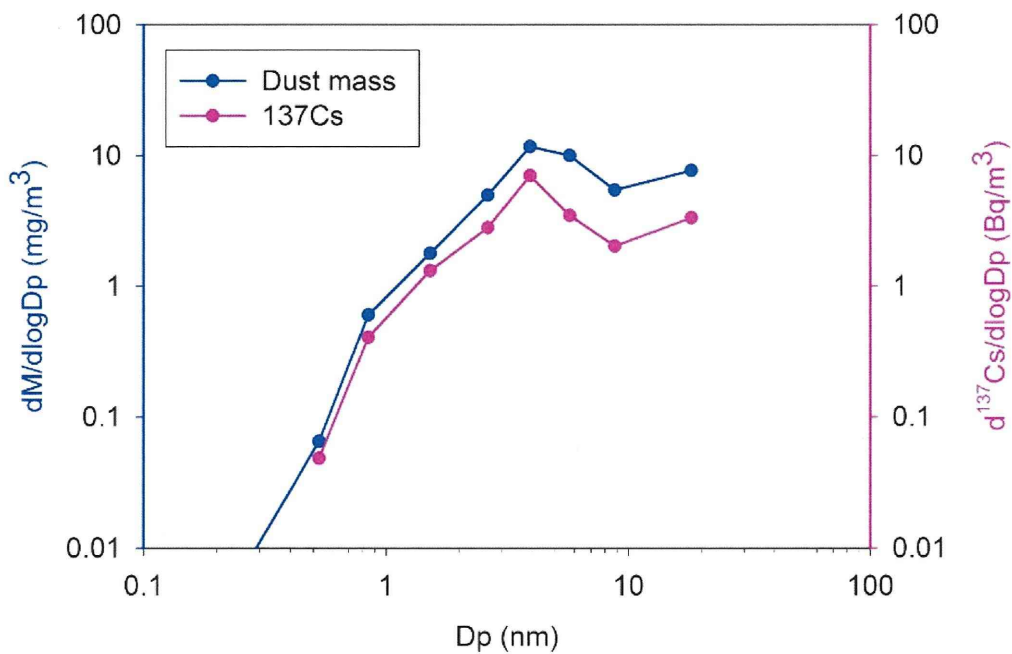


図 15. 福島 1 F 近傍の土壌の再発じん実験で得られた空气中 ¹³⁷Cs 濃度

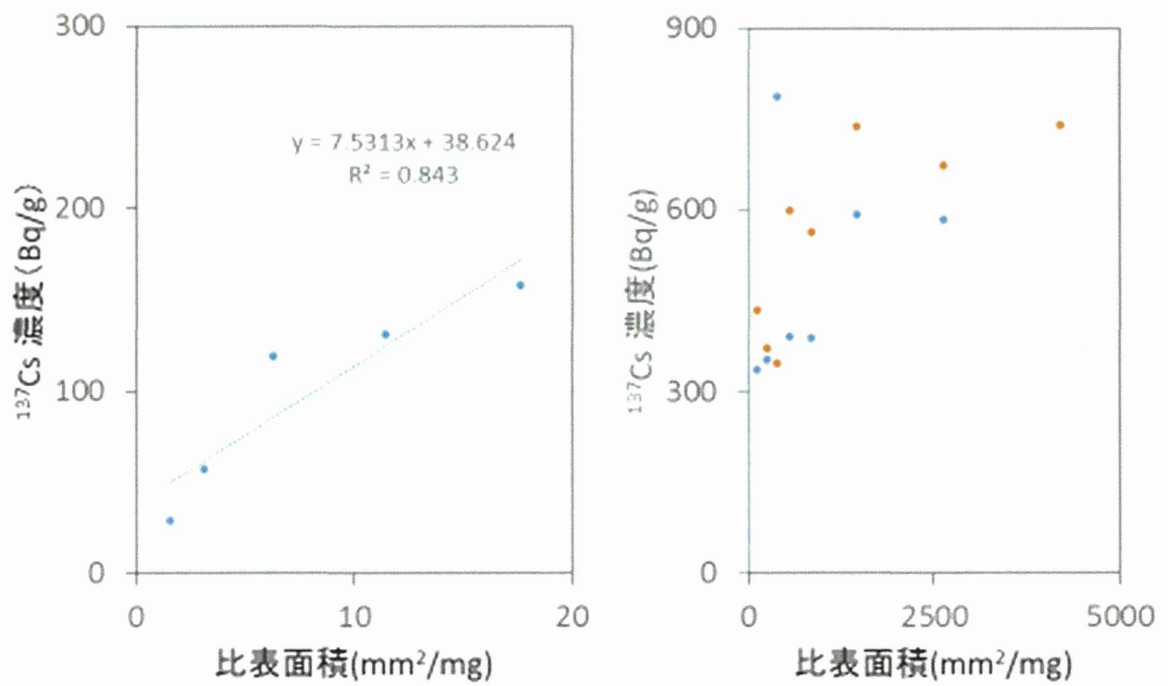


図 16. 比表面積と¹³⁷Cs 濃度の関係

左図はふるい分級試料（左から 1-2, 0.5-1, 0.25-0.5, 0.15-0.25, 0.106-0.15mm）、右図はアンダーセンサンプラーで得られた分級試料（左から >11, 7.0-11, 4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3, 1.1-2.1 μ m の分級試料）、青色は Lab. Experiment 1: 143mins、赤色は Lab Experiment 2: 241mins