

楢葉町で採取された放射性物質の分析結果について

< 参考配布 >
平成26年2月12日
東京電力株式会社

- 環境省福島環境再生事務所が福島県双葉郡楢葉町（避難指示解除準備区域）で実施した除染作業等の作業において、高線量の放射能に汚染された物質が採取されたことを受け、平成25年7月、当社は、同省より当該物質（計4個）に関する分析依頼を受けました。
- 当社は、当該物質が福島第一原子力発電所の事故に起因して発生したものである可能性を踏まえ、当該物質を福島第一原子力発電所に搬入して分析を実施しました。分析の結果、当該物質について、高線量の放射能に汚染された経緯は不明ですが、福島第一原子力発電所の事故に起因する放射性物質が付着し、汚染した物質であると推定しました。（平成25年7月23日お知らせ済み）
- その後、独立行政法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）へ詳細分析（放射能の定量分析、成分分析）を依頼しておりましたが、この度、同機構から分析結果について報告を受け、結果をとりまとめました。

環境省より分析依頼を受けた放射性物質

	発見日	場所	大きさ (線量率)※	外観	性状
物質①	平成25年 6月20日	榑葉町井出川 河口付近	長さ約3cm 幅約1.5cm 厚さ約0.5cm (γ :85 μ Sv/h・ β :915 μ Sv/h)		非金属 弾力性有り ゴムのような材質
物質②	平成25年 7月2日	榑葉町井出川 河口付近	長さ約4cm 幅約3cm 厚さ約1cm (γ :300 μ Sv/h・ β :2100 μ Sv/h)		非金属 弾力性有り 樹皮のような材質
物質③	平成25年 7月5日	榑葉町井出川 河口付近	長さ約2cm 幅約2cm 厚さ約0.1cm (γ :400 μ Sv/h・ β :35600 μ Sv/h)		非金属 弾力性無し 割れそうな材質
物質④	平成25年 7月5日	榑葉町井出川 河口付近	長さ約16cm 幅約2cm 厚さ約0.5cm (γ :180 μ Sv/h・ β :600 μ Sv/h)		非金属 弾力性なし 木片

※: γ :1cm線量当量率(γ 線)、 β :70 μ m線量当量率(β 線)

放射エネルギー分析結果(1)

< γ線核種分析結果 >

単位: Bq/試料

物質番号	外 観	放射エネルギー 平成25年9月26日時点の値						
		Mn-54	Co-60	Ru-106	Ag-110m	Sb-125	Cs-134	Cs-137
①		4.3×10^0	5.7×10^1	4.9×10^1	4.1×10^1	8.6×10^2	3.5×10^5	7.9×10^5
②		1.1×10^1	2.5×10^2	1.3×10^2	1.1×10^2	2.7×10^3	8.2×10^5	1.8×10^6
③		4.2×10^1	4.9×10^2	3.9×10^2	2.5×10^2	6.8×10^3	9.2×10^5	2.0×10^6
④		6.9×10^1	6.0×10^2	4.1×10^2	2.3×10^2	9.4×10^3	6.0×10^5	1.3×10^6

試料重量①0.3g、②1.0g、③0.4g、④6.9g

分析: JAEA
3

※Mn: マンガン、Co: コバルト、Ru: ルテニウム、Ag: 銀、Sb: アンチモン、Cs: セシウム

放射エネルギー分析結果(2)

< α核種・β核種分析結果 >

単位: Bq/試料

物質 番号	放射エネルギー 平成25年9月26日時点 ただし全βは10月17日時点の値						
	全β	Sr-90	全α	Pu-239+ Pu-240	Pu-238+ Am-241	Cm-242	Cm-244
①	1.2×10^6	2.3×10^2	5.2×10^{-1}	1.3×10^{-1}	2.7×10^{-1}	7.3×10^{-2}	4.8×10^{-2}
②	2.3×10^6	8.5×10^2	1.9×10^0	3.0×10^{-1}	1.1×10^0	2.7×10^{-1}	2.0×10^{-1}
③	2.5×10^6	2.2×10^3	3.8×10^0	6.7×10^{-1}	2.4×10^0	4.8×10^{-1}	3.0×10^{-1}
④	2.2×10^6	1.4×10^3	4.6×10^0	1.1×10^0	2.5×10^0	4.3×10^{-1}	5.7×10^{-1}

試料重量①0.3g、②1.0g、③0.4g、④6.9g

分析: JAEA

※Sr: ストロンチウム、Pu: プルトニウム、Am: アメリシウム、Cm: キュリウム

放射エネルギー割合

放射エネルギーの99%以上はCs-134とCs-137で構成されている。
表面線量率は、Cs-134とCs-137による寄与が大きい。

<放射エネルギー割合>

単位：%

物質 番号	Mn-54	Co-60	Ru- 106	Ag- 110m	Sb- 125	Cs- 134	Cs- 137	Sr-90	Pu-239 +Pu- 240	Pu-238 +Am- 241	Cm- 242	Cm- 244
①	<0.001	0.005	0.004	0.004	0.075	30.668	69.223	0.020	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
②	<0.001	0.010	0.005	0.004	0.103	31.249	68.596	0.032	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
③	0.001	0.017	0.013	0.009	0.232	31.397	68.255	0.075	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
④	0.004	0.031	0.021	0.012	0.492	31.379	67.988	0.073	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

分析：JAEA

放射性物質の検出状況

最も比率の高いCs-137の検出オーダーが構外土壌よりも高く、構外土壌では検出されていないCo-60が検出されているため、発電所構内にあった物質と推定。

単位: Bq/g

	Cs-137	Co-60
①	10^6	10^2
②	10^6	10^2
③	10^6	10^3
④	10^5	10^1
3号機周辺がれき ※1	$10^3 \sim 10^5$	$10^{-1} \sim 10^0$
構外土壌(榎葉町、広野町) ※2	$10^{-1} \sim 10^0$	— ※3

※1: 福島第一発電所構内で採取したガレキ、伐採木の放射能分析(日本原子力研究機構: 平成25年3月28日)

※2: 福島県における土壌の放射線モニタリング調査結果(原子力災害現地対策本部、福島県災害対策本部: 平成24年4月6日)

※3: Co-60は検出されていないため、「—」と表示

断面観察及び成分分析結果(FT-IR)

試料番号	断面観察	断面観察結果	FT-IR分析結果
①		中は白く、小さな穴がある。 表面には土のようなものが付着。	ポリエチレンと推定 表面にはシリカ成分が付着
②		中は白く、小さな穴がある。 表面には土のようなものが付着。	ポリエチレンと推定 表面にはシリカ成分が付着
③		中は白い。 表面は黒い。	ポリオレフィン系高分子材料と推定 表面にはシリカ成分、水酸基(水分)が付着
④		木の断面	木片(セルロース) 表面と内部では差はない。

分析: 東京電力

FT-IR分析: フーリエ変換赤外分光分析 (化合物分子の赤外線吸収スペクトルを測定することによって化合物の種類を推定する方法)

成分分析結果(EPMA)

【物質①】

断面

表面

Element	No.1	No.2	No.3	No.4
C	91.2	91.5	12.6	28.5
N				
O	8.8	7.9	11.3	29.5
Na				
Mg				0.3
Al			0.6	4.0
Si		0.7	28.0	32.1
P			3.3	0.4
S			2.1	1.3
Cl			1.3	
K			4.0	0.6
Ca			18.4	1.0
Ti			2.4	1.5
Mn			1.8	
Fe			14.2	0.8
Br				
I				
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

【物質②】

断面

表面

単位：%

Element	No.1	No.2	No.3	No.4
C	72.1	100.0	16.7	28.7
N			5.2	6.6
O	11.8		38.7	37.4
Na			0.2	0.5
Mg	0.5		3.1	0.8
Al	2.5		10.1	6.4
Si	10.0		17.2	14.6
P			0.3	0.2
S				0.2
Cl	0.3			
K	0.2		0.3	0.5
Ca	0.4		1.0	0.8
Ti	0.6		0.4	0.9
Mn			0.3	
Fe	1.6		6.5	2.4
Br				
I				
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

・物質①及び②ともに断面部分(No.1, 2)と表面部分(No.3, 4)を測定。

分析：JAEA

・Cの相対濃度には、試料の導電性を確保するために蒸着したCの寄与を含む。

※ EPMA分析：電子線マイクロプローブアナライザー(電子線を対象物に照射することにより発生する特性X線の波長と強度から構成元素を分析する手法)

成分分析結果(EPMA)

【物質③】

断面

表面

Element	No.1	No.2	No.3	No.4
C	90.1	43.9	24.5	55.8
N		8.0	5.6	
O	5.2	16.9	31.5	13.3
Na		0.3	1.0	0.5
Mg		1.3		0.7
Al		3.8	7.8	2.7
Si		9.6	26.2	4.9
P				0.9
S		0.4		0.8
Cl	0.7	0.2		1.2
K		0.4	2.7	0.4
Ca	2.4	9.8	0.4	6.7
Ti	1.6	0.8	0.3	10.4
Mn				
Fe		4.6		1.7
Br				
I				
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

【物質④】

断面

表面

単位:%

Element	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
C	82.1	86.2	74.9	82.2	77.5	68.7
N						
O	6.8	6.6	11.6	8.8	9.6	8.3
Na	0.5	0.5				
Mg	1.4	1.0	0.6	0.9	1.5	0.9
Al	0.4	0.3	1.4	0.5	0.7	2.2
Si	0.7	0.2	7.1	0.8	1.4	3.0
P	1.3	1.1	0.4	0.6	1.1	
S	0.3	0.6		0.9	0.9	2.9
Cl	0.3	0.4	0.4	0.7	0.5	0.9
K	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.8
Ca	5.1	2.6	1.4	3.1	5.2	2.9
Ti			0.2			0.6
Mn						
Fe	0.7		1.2	1.1	1.0	2.0
Br						5.2
I						1.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

分析:JAEA

- ・物質③は断面部分(No.1, 2)と表面部分(No.3, 4)を、物質④は断面部分(No.1, 2, 3)と表面部分(No.4, 5, 6)を測定。
- ・Cの相対濃度には、試料の導電性を確保するために蒸着したCの寄与を含む。

模擬試料(木片)を用いた海水成分の分析

成分分析結果において、試料に海水成分のNaとClが微量に付着していることに着目し、発電所構内からの到達経路(海路か陸路か)に関わる調査として、海水や潮風に曝した模擬試料(木片)に付着したNa、Cl成分について分析を行った。

	浸漬なし	【調査1】 人工海水に浸漬 した試料	【調査2】 純水に浸漬 した試料	【調査3】 海岸の潮風に 曝した試料
他の海岸の波打ち 際で採取した木片	①	—	②	—
新品の木片	③	④	⑤ ※	⑥

【調査1】 試料を人工海水に浸漬し、Na、Clの付着具合を調査

海水に浸漬した試料は、Na、Clがどの程度付着するかどうかを調査。

【調査2】 試料を純水に浸漬し、Na、Clの付着具合を調査

雨水や淡水で試料に付着したNa、Clが洗い流されて付着量が減少するかどうかを調査。

【調査3】 試料を海岸の潮風に曝して、Na、Clの付着具合を調査

海岸の潮風に曝した試料は、Na、Clがどの程度付着するかどうかを調査。

※追加調査1で人工海水に浸漬した試料を純水に浸漬

成分分析結果(EPMA)

【他の海岸の波打ち際で採取した木片】

【新品の木片】

単位：%

Element	①採取したままの試料		②採取後、純水に浸漬した試料		③新品のままの試料		④人工海水に浸漬した試料		⑤④の試料を純水に浸漬した試料		⑥海岸で新品を潮風に曝した試料	
	①-1	①-2	②-1	②-2	③-1	③-2	④-1	④-2	⑤-1	⑤-2	⑥-1	⑥-2
C	64.7	64.3	57.0	65.8	56.3	60.2	51.5	44.5	52.7	53.1	68.9	56.7
N								15.0			1.1	3.1
O	34.2	34.6	42.7	32.7	43.2	38.0	46.2	39.9	45.7	46.2	29.6	39.9
Na	0.4	0.3			0.1	0.1	0.6	0.2	0.5	0.3	0.1	0.1
Mg			0.1									0.1
Al												
Si												0.1
P		0.1		0.2			0.2	0.1				
S	0.1	0.4			0.1			0.1			0.1	
Cl		0.1				0.4	0.7	0.2	0.5	0.2		
K		0.2		0.1	0.1	0.1			0.1	0.1		
Ca	0.4			0.1	0.1		0.6		0.1			
Ti	0.1		0.2									
Mn								0.1				
Fe		0.1										
Br			0.1	0.1								0.1
I				0.9		1.0	0.1		0.3			
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

分析：JAEA

・いずれも断面を2箇所測定。Cの相対濃度には、試料の導電性を確保するために蒸着したCの寄与を含む。

試料①(他の海岸で採取)と試料④(海水浸漬)は、最も海水成分が付着していると考えられたが、いずれの試料においても、Na濃度、Cl濃度は1%以下の値(檜葉町で採取された物質④と同程度)であり、定量的な差は確認できない。

分析結果のまとめ

- 表面線量率の測定結果では、 β 線の寄与が高い結果であったが、放射エネルギーの大部分はCs-134とCs-137であり、Cs-134とCs-137の β 線によるものと推定。
- 最も比率の高いCs-137の検出オーダーが構外土壌よりも高く、構外土壌では検出されていないCo-60が検出されているため、発電所構内にあった物質と推定。
- FT-IR分析の結果から、物質①、②の材質はポリエチレン、物質③はポリオレフィン系高分子材料、物質④は木と推定。
- 木片の模擬試料の海水成分の分析において、いずれの試料においてもNa濃度、Cl濃度は1%以下の値であり、海水に浸漬した試料と海岸の潮風に曝した試料の定量的な差は確認できなかった。
- 井出川河口付近で採取された放射性物質の到達経路としては、海路(海水に浸漬して河口付近に到達)と、陸路(海水には浸漬されずに河口付近に到達)の両方のケースが想定されるが、いずれかの特定はできなかった。