

関東広域のSPM観測局ろ紙から採取したCsボールにはテルル、ウランなど化学毒物と放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していたことに実測値による証明

山田國廣著

茨城県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県、長野県のSPM観測局ろ紙から採取されたCsボール中には高度毒物のテルル、ウランなどと放射性テルル（Te-129, Te-129, Te-131, Te-132）放射性ヨウ素（I-132, I-132, I-133）、放射性セシウム（Cs-134, Cs-136, Cs-137）が混在していた。

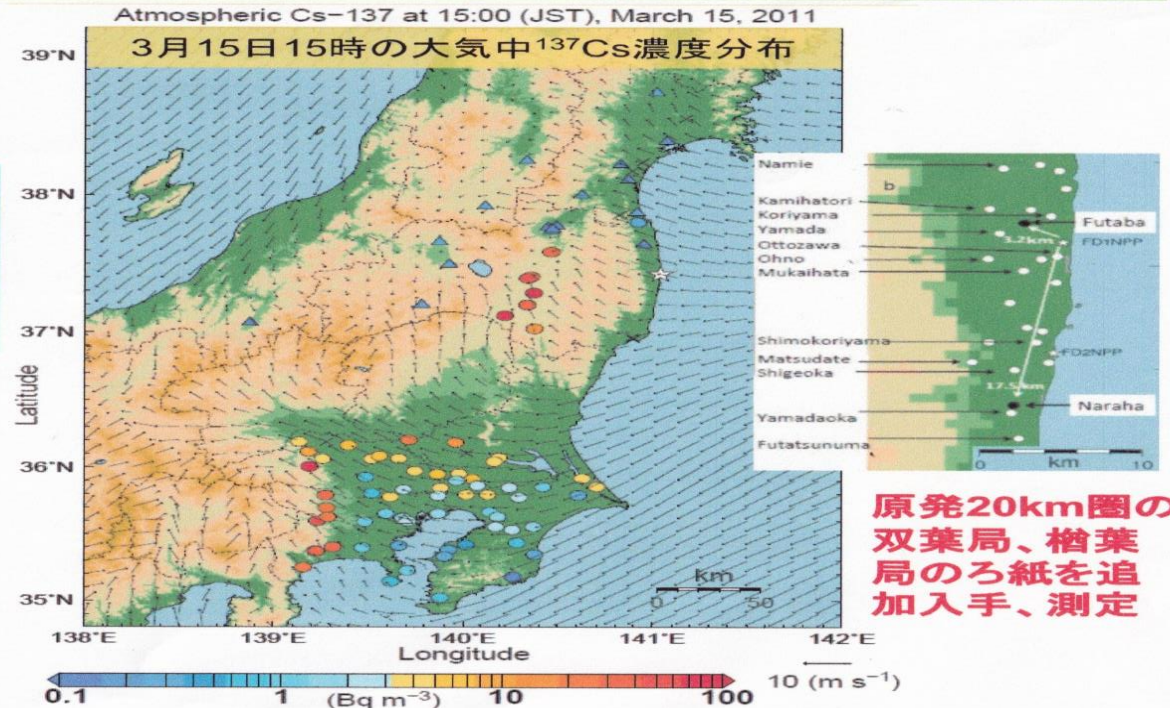
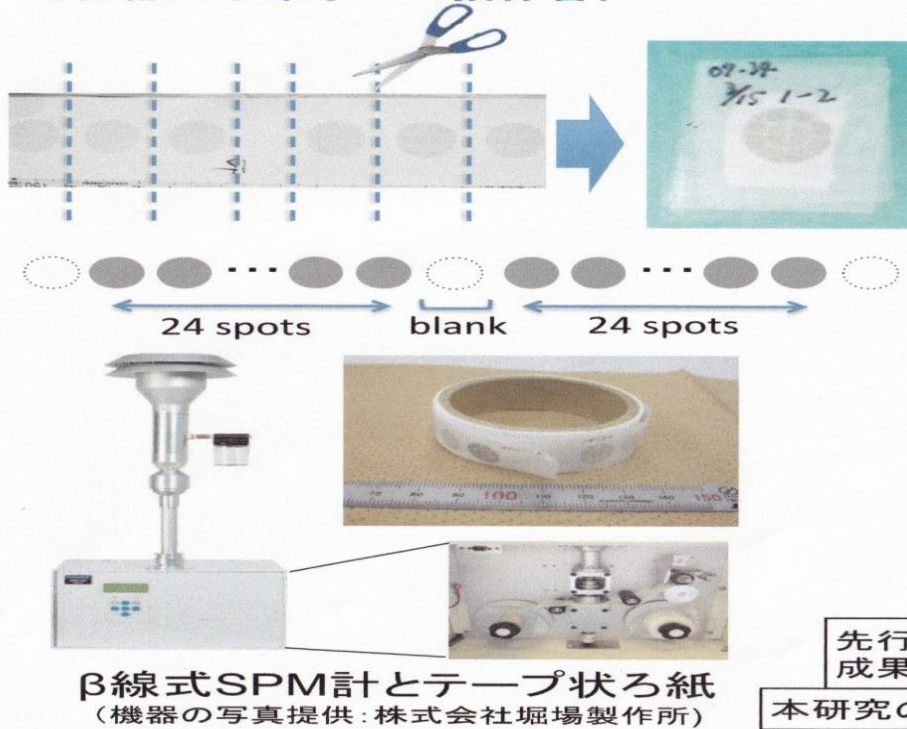


福島原発事故被害放射能毒・化学毒原因裁定を求める会

環境省の依頼により各地方自治体の大気常時観測局のSPMろ紙資料が、原発事故時にのCs-134,Cs-137の大気濃度 (Bq/m³) を有していたため、首都大学東京でSPMろ紙データが1活保管されていた。

本研究の強み: 大気常時監視局のSPMろ紙試料を用いた核種の時空間分布再現 17

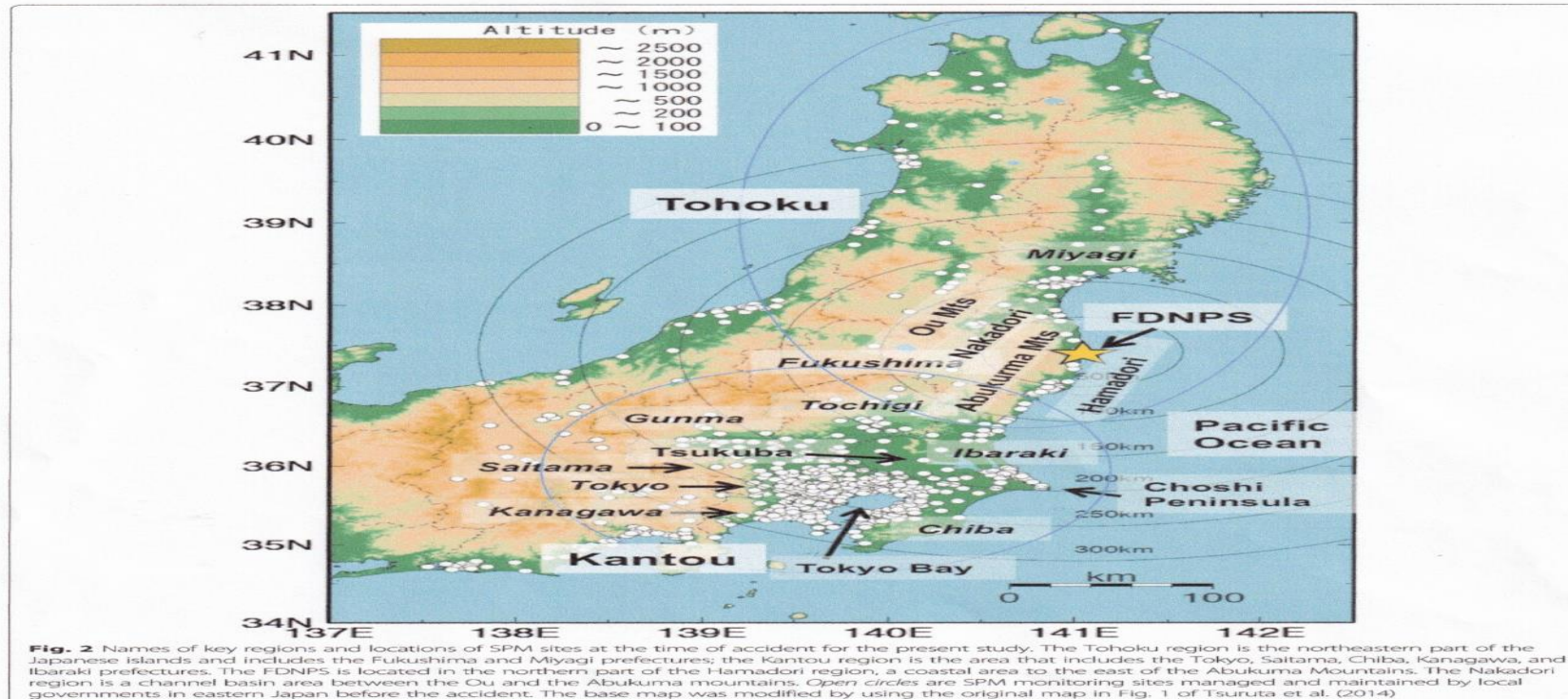
環境省の依頼により地方自治体の400地点以上の測定局から収集されたSPM計のろ紙を首都大学東京で一括保管。



先行研究の成果:
本研究の成果:

Tsuruta, H. et al. (2014) *Sci. Rep.* 4, 6717
Oura, Y. et al. (2015) *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 15
Tsuruta, H. et al. (2018) *Geochem*, 52

福島原子力発電所事故の影響を受けたSPM観測局は東北地方では青森、秋田県、岩手県、宮城県、山形県、福島県、新潟県に関東地域では茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県そして信州地方の長野県や投下地方の静岡県にまでひろがっていた。



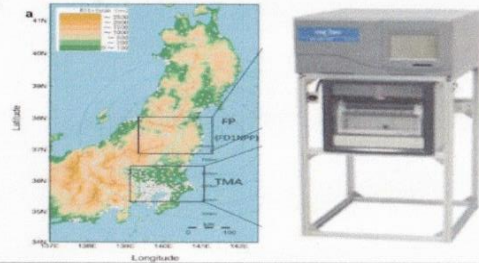
山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCs
ボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テ
レル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

原発事故後の福島原発1, 2, 3号機から放出されたプルームは、SPM情報解析によりP1~p9の9本のプルームに分類された。そして、3月15日の関東地域広域に問うたしたのは2号機放出のP2プルームであった。

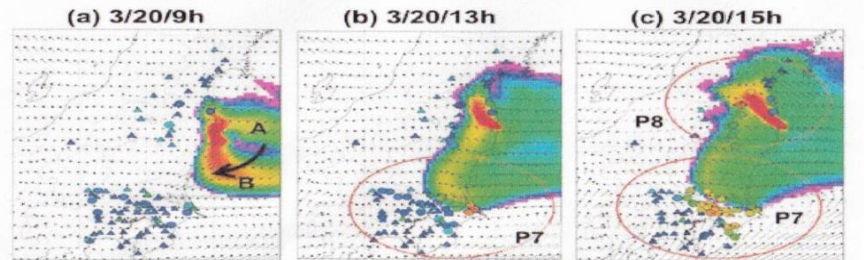
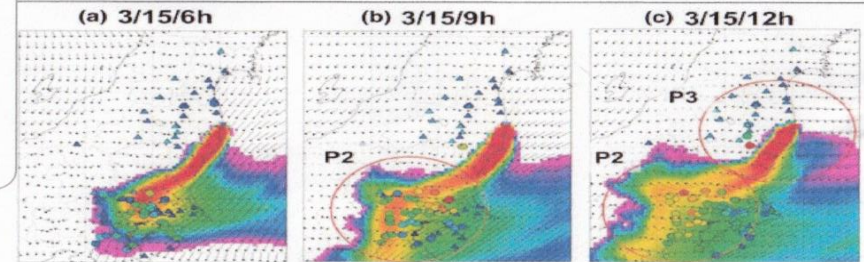
放射性物質の大気動態解析 — ^{137}Cs 大気プルーム¹³

- ✓ 大気常時監視局・SPM計のろ紙を分析して ^{137}Cs 大気濃度を導出
- ✓ 約90地点、試料採取時間1時間

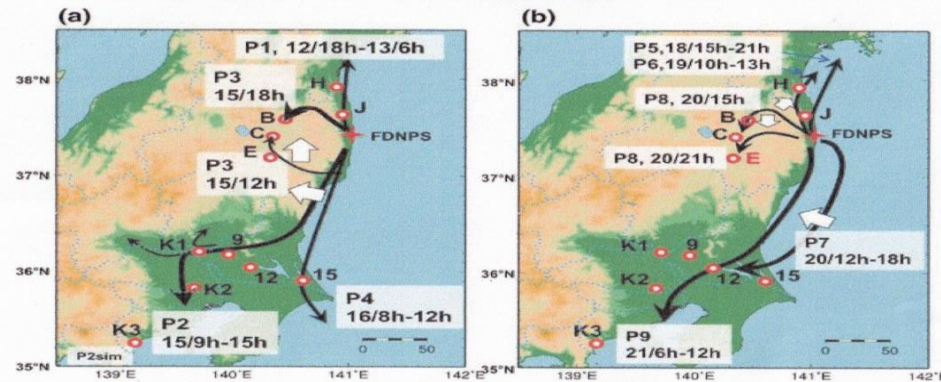
Tsuruta et al., Sci. Rep., 2014;
Oura et al., JNRS, 2015;



福島から関東への ^{137}Cs プルーム輸送過程



^{137}Cs プルームの輸送パターン



Nakajima et al., PEPS, 2017

要旨 : 2011年3月の福島原発事故は大量の放射性物質が放出された。本研究では、東京圏を含む7つの監視所でSPM (浮遊粒子状物質) 採取フィルターテープ上に、1時間ごとに収集されたエアロゾルから、原発事故初期段階で放出された放射性物質の一種である放射性セシウムボール微粒子 (CsMPs) を分離した。エアロゾルからは直径1 μ m程度の球形で粒子あたり1Bq以下のCs-137でした。それらの物理特性および化学特性は、Cs-134/cs-137比などが以前に報告した結果とよく一致していた。本研究では、福島原発から放出されたCsMPが原発から250km以上離れた関東地方にもほぼ同様に降下していたことを実証した。3月15日早朝にかけてのプルームは福島原発2号機原子炉から放出されていたことも示した。CsMPに関して得られた関東広域分布の情報は、福島原発事故汚染が環境と人間の健康に及ぼす影響を評価することにやくだちます。

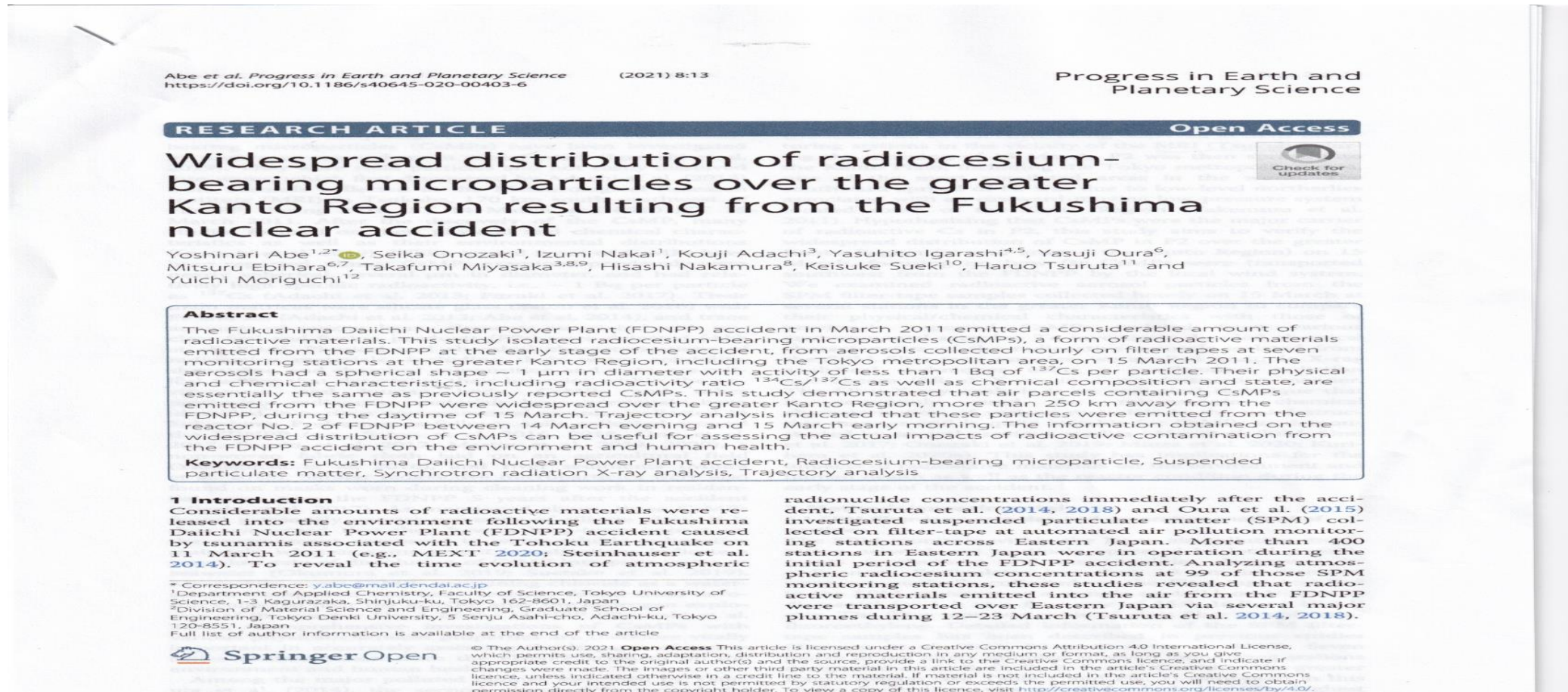
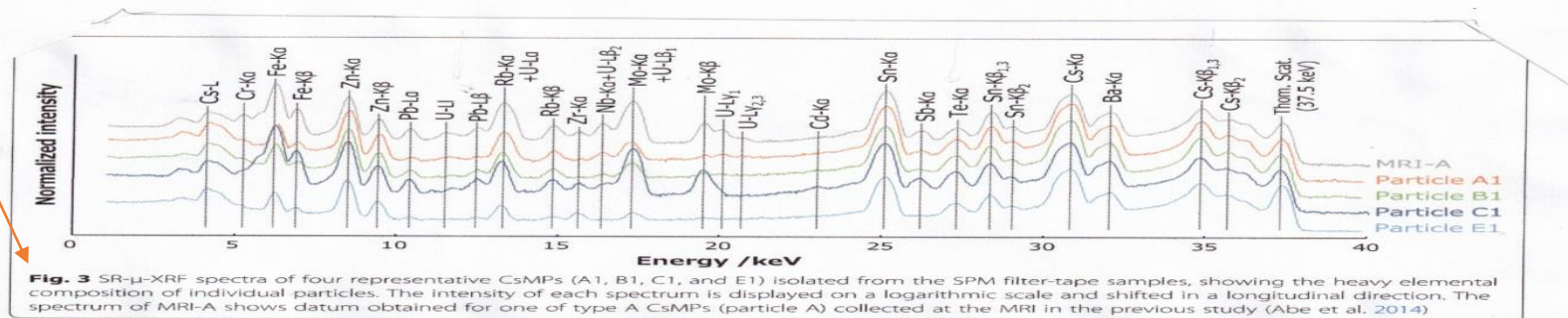
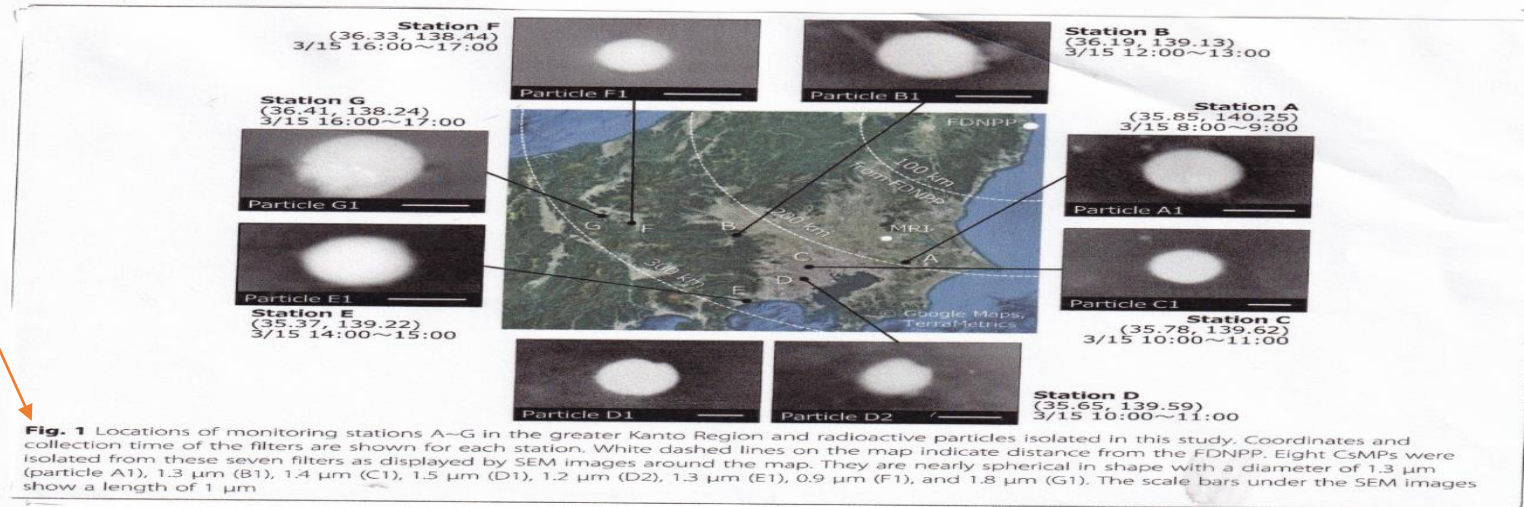


図1の説明文：関東地方のSPM観測所A~Gの位置と、今回分離されたCsPMの映像である。SPM観測所の座標（緯度、経度）とSPMろ紙収集時間が場所ごとに表示されている。8つの分離されたCsPMの電子顕微鏡写真が地図の回りに表示されている。それらはほぼ球形であり、直径は1.3 μ m(A1),1.3 μ m(B1),1.4 μ m(C1),1.5 μ m(D1),1.2 μ m(D2),1.3 μ m(E1),0.9 μ m(F1),そして1.8 μ m(G1)である。右下のスケールバーは1 μ m長さを示している。

図3の説明文：SPMろ紙から分離された4つの代表的なCsMP(A1,B1,C1,E1)のSR- μ -XRFスペクトルである。個々の粒子の重元素組成を示している。各スペクトルの縦軸の規格化強度は対数スケールで表示されている。MRI(つくば市気象研)で収集されたA型は、以前に研究で収集されたものを示している。



山田國廣著「関東広域のSPM観測ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

表1 SPMろ紙サンプルが採取された7か所の①位置（緯度、経度）②福島原発からの距離③SPMろ紙のサンプリング時間④Cs-137濃度（Bq/m³）⑤採取地点都市名

Stationの記号	①緯度	①経度	②福島原発からの距離（km）	③SPMろ紙のサンプリング時間帯	④Cs-137濃度（Bq/m ³ ）	⑤採取地点の都市地名
A	38.85	140.25	189	2011年3月15日8時~9時	22.1	千葉県印旛郡栄町須賀
B	36.19	139.13	218	2011年3月15日12時~13時	59.1	埼玉県本庄市児玉
C	35.78	139.62	229	2011年3月15日10時~11時	81.9	埼玉県和光市白子2丁目
D	35.65	139.59	236	2011年3月15日10時~11時	29.4	東京都調布市人間町
E	35.37	139.22	280	2011年3月15日14時~15時	29.3	神奈川県秦野市今泉
F	36.33	138.44	261	2011年3月15日16時~17時	22.1	長野県小諸市東雲2丁目
G	36.41	138.24	273	2011年3月15日16時~17時	32.8	長野県上田市常盤城5丁目

放射光マイクロビーム蛍光X線分析（スプリング8）により、関東地域SPM観測所の8つのCsボールおよびつくば気象研で採取されたCsボールから検出された重元素名

注1:○印は検出された元素

注2:○印は元素化合物が「有害元素の急性毒性表、において高度毒性を有する」

注3:○印は元素化合物が「有害元素の急性毒性表、において中度毒性を有する」

注4:Zn,Rb,Mo,Sn,Sb,Te,Cs,が8つのCsボールから検出されたのは、それらが核分裂物質起源であることに由来している。

Csボール番号	採取場所	Cr	Fe	Zn	Rb	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Te	Cs	Ba	Pb	U
A1	千葉県印旛郡栄町須賀		○	○	○	○		○			○	○	○	○	○	○	○
B1	埼玉県本庄市児玉		○	○	○			○			○	○	○	○		○	○
C1	埼玉県和光市白子2丁目		○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○	
D1	東京都調布市人間町		○	○	○	○		○			○	○	○	○			
D2	東京都調布市人間町		○	○	○	○		○			○	○	○	○			
E1	神奈川県秦野市今泉		○	○	○	○		○			○	○	○	○		○	
F1	長野県小諸市東雲2丁目		○	○	○	○		○	○		○	○	○	○		○	○
G 1	長野県上田市常盤城5丁目		○	○	○	○		○		○	○	○	○	○			
MRI-A	つくば市学園都市：気象研究所	○	○	○	○	○		○			○	○	○	○		○	○

広島衛研ニュースで紹介されていた「有害金属の急性毒性：LD50の毒性評価表」

注1：テルル化合物、ウラン化合物、クロム化合物、カドミウム、鉛などは高度毒性（LD50が1～10 mg/kg）の評価であった。

本文

衛研ニュース／食品中の重金属について

ページ内目次

ページ番号：0000000225 更新日：2020年12月7日更新

重金属について

重金属とは、比重が4以上の金属元素とされています。一般に軽金属と呼ばれるナトリウム等のアルカリ金属、カルシウム等のアルカリ土類金属や、ミニウムを除く約60種類の金属が重金属に相当します。

例えば、カドミウム、鉛、亜鉛、銅、マンガン、鉄、コバルトなどです。重金属と聞くと、人体に有害で危険な物質というイメージがあると思いますが一般的に、重金属は毒性が強いものが多く、微量であっても繰り返し摂取すると体内で蓄積されて有害です。

ただし、重金属は有害であるばかりではありません。元素には、生元素あるいは生体元素と呼ばれる生物にとって大変重要な役割を持つものがあります。次の表に示すものがそれらで、生物体を構成している11種の主要元素と、生命維持に必須とされている15種の微量元素です。この微量元素のうちケイ素、フッ素、ヨウ素を除く12種の元素は重金属なのです。

表のサイズを切り替える

生元素(生体元素)(※1)

主要元素(成人1日必要量が100mg以上)	水素、炭素、窒素、酸素、リン、硫黄、塩素、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム
微量元素(成人1日必要量が100mg以下)	鉄、亜鉛、銅、マンガン、バナジウム、クロム、ニッケル、コバルト、ヒ素、セレン、モリブデン、スズ、ケイ素、フッ素、ヨウ素

(※1)「衛生試験法・注解2020,日本薬学会編,204(2020)」より引用

また、食品に含まれる有害元素はその存在形態によって毒性が大きく違うため、元素の存在量だけで議論することはできません。

例えば、無機ヒ素は毒性が高いにもかかわらず、ジメチルアルシノ酸やアルセノシュガー等の有機ヒ素化合物は毒性がはるかに低いということが分っています。参考までに、有害元素の急性毒性量を次の表に示します。

表のサイズを切り替える

有害元素の急性毒性(※2)

LD50(mg/kg)(注1)	元素名	
高度毒性 1～10	経口(注2)	ヒ素(3価)、黄リン、プルトニウム(4価、6価)、セレン(4価)、テルル(4価)、タリウム(1価)
	静注(注3)	プルトニウム(4価、6価)、テルル、ベリリウム、カドミウム、クロム(6価)、水銀、鉛、硫黄(-2価)、ニッケル(2価)、バナジウム(5価)
中等度毒性 10～100	経口	カドミウム、銅、フッ素、水銀、鉛、アンチモン、ウラン、バナジウム
	静注	金、バリウム、カルシウム、セリウム、コバルト、フッ素、カリウム、マグネシウム、マンガン、モリブデン、ニオブ、ニッケル、プラセオジウム、白金、アンチモン、スズ、タンタル、トリウム、ロン、亜鉛
わずかな毒性 100～1000	経口	アルミニウム、ホウ素、バリウム、鉄、インジウム、モリブデン、タンタル、トリウム、タングステン
	静注	鉛、ジルコニウム、ホウ素、クロム(3価)、ゲルマニウム、ランタン、リチウム、レニウム(7価)、ストロンチウム、イットリウム、亜鉛
比較的無害 1000以上	経口	臭素、塩素、セシウム、ヨウ素、ナトリウム、ルビジウム、カルシウム、カリウム、ランタン、レニウム(1価)

(※2)「衛生試験法・注解2020,日本薬学会編,431(2020)」より引用

(注1) 50% Lethal Doseの略で半数致死量のこと。ある化学物質を実験動物に投与した時、その実験動物の半数が死亡する量を表す。例えば、LD50=10mg/kgとは、体重1kgあたり10mg投与すると半数が死ぬ事を示している。

(注2) 口から投与すること。

(注3) 静脈注射により投与すること。

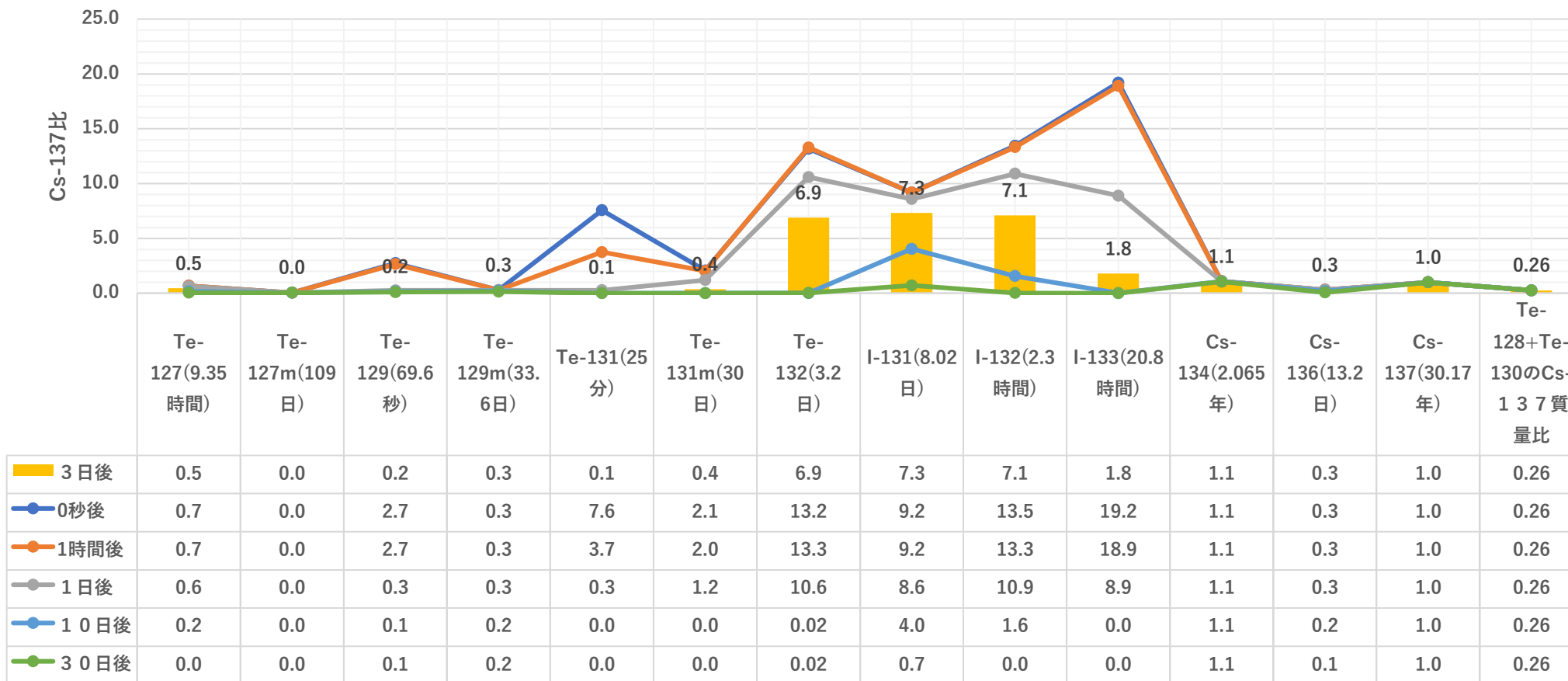
2011年3月15日に①埼玉県和光市理研和光研究所②東京都世田谷区都立産業技術センター③神奈川県茅ヶ崎市衛生研究所で採取されたプルーム2のダストサンプル中の放射能濃度 (Bq/m³) とCs-137比

採取場所	採取時間	大気放射能濃度 (Bq/m ³)										備考
		Te-129	Te-129m	Te-131m	Te-132	I-131	I-132	I-133	Cs-134	Cs-136	Cs-137	
埼玉県和光市理研和光研究所	2011年3月15日11時15分～11時45分	7.5	8	1.9	58	35	41	4.7	8.5	1.2	8.8	Te-129,I-132は都立産総研Cs137比に比例して算定
Cs-137比		0.9	0.9	0.2	6.6	4.0	4.7	0.5	1.0	0.1	1.0	
東京都世田谷区都立産業技術センター	2011年3月15日10時～11時	51	63	13	390	240	280	32	64	11	60	
Cs-137比		0.9	1.1	0.2	6.5	4.0	4.7	0.5	1.1	0.2	1.0	
神奈川県茅ヶ崎市、神奈川県衛生研究所	2011年3月15日	0.3	0.62	0.1	3.2	3.6	2.1	0.45	0.39	0.07	0.44	
Cs-137比		0.7	1.4	0.2	7.3	8.2	4.8	1.0	0.9	0.2	1.0	
和光市理研、都立産業技術センター、神奈川県衛研、3か所のCs-137比の平均値		0.8	1.1	0.2	6.8	5.4	4.7	0.7	1.0	0.2	1.0	

山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

2号機原子炉核分裂停止直後から30日後までの炉心部におけるホットパーティクル形成核種のCs-137比の時間変化

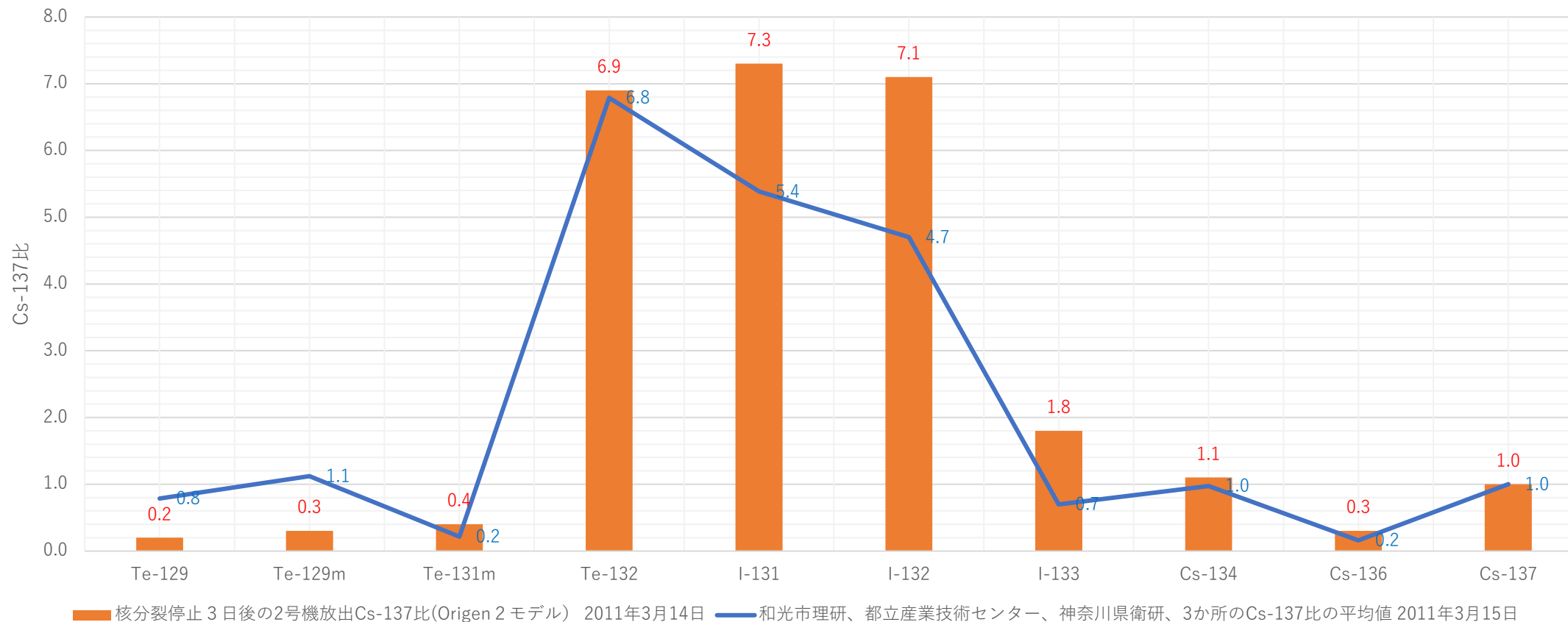
2号機原子炉核分裂停止直後から30日後までの炉心部におけるホットパーティクル形成核種のCs-137比の時間変化



山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

2011年3月15日に和光市理研、東京都と世田谷区都立産業センター、神奈川県茅ヶ崎市衛生研究所で観測された大気中放射能濃度 (Bq/m³) の平均Cs-137比と3月14日2号機放出 (Origen2モデル) Cs-137比の比較グラフ

2011年3月15日に和光市理研、東京都と世田谷区都立産業センター、神奈川県茅ヶ崎市衛生研究所で観測された大気中放射能濃度 (Bq/m³) の平均Cs-137比と3月14日2号機放出 (Origen2モデル) Cs-137比の比較グラフ



山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCs
ボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テ
ルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

関東地域7か所の2011年3月15日SPMろ紙のCs-137濃度 (Bq/m³) と実測された3か所のCs-137比から再現算定した放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムの大気放射能濃度 (Bq/m³)

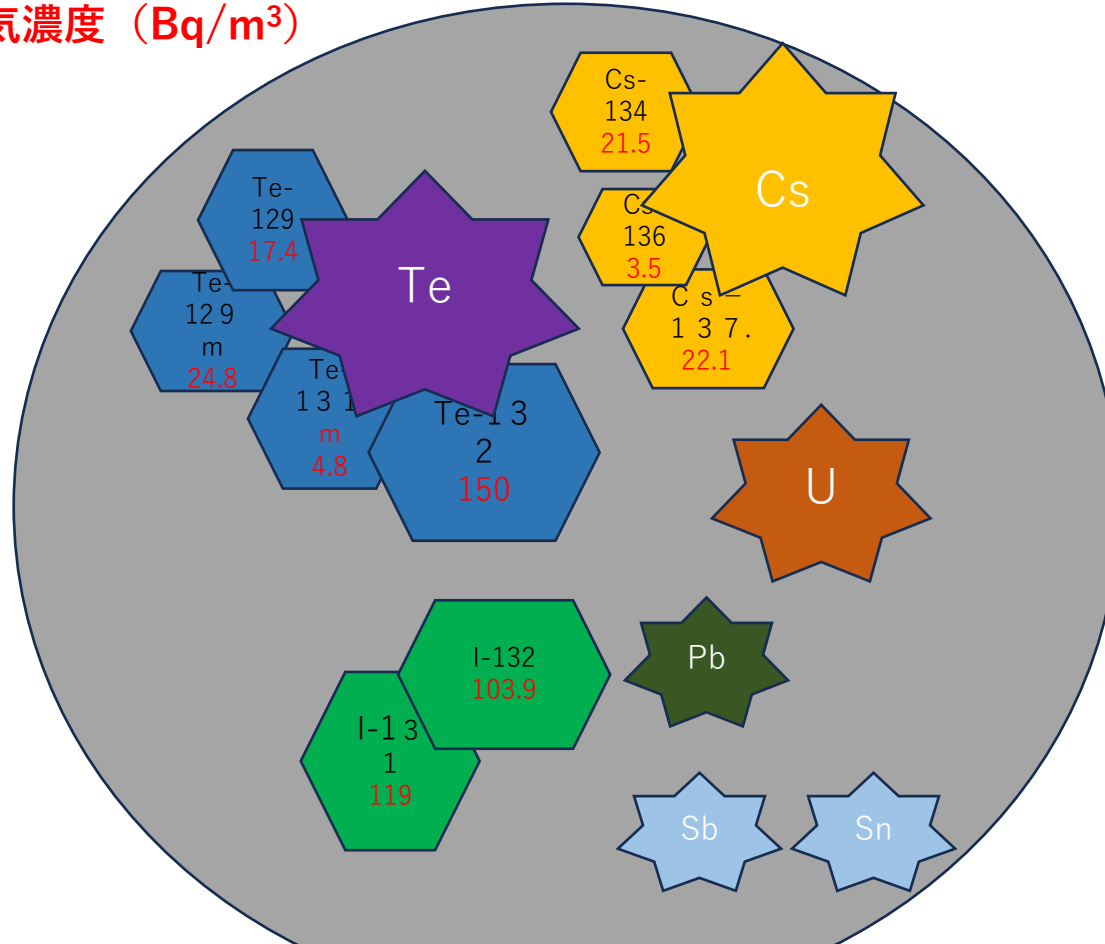
採取場所	資料採取日時	SPMから測定されたCs-137濃度 (Bq/m ³)	Te-129	Te-129m	Te-131m	Te-132	I-131	I-132	I-133	Cs-134	Cs-136	Cs-137
千葉県印旛郡栄町須賀	A	22.1	17.4	24.8	4.8	150.0	119.0	103.9	15.4	21.5	3.5	22.1
埼玉県本庄市児玉	B	59.1	46.5	66.4	12.8	401.2	318.3	277.9	41.2	57.5	9.4	59.1
埼玉県和光市白子2丁目	C	81.9	64.4	92.0	17.7	555.9	441.1	385.1	57.1	79.7	13.1	81.9
東京都調布市人間町	D	29.4	23.1	33.0	6.4	199.6	158.4	138.2	20.5	28.6	4.7	29.4
神奈川県秦野市今泉	E	29.3	23.0	32.9	6.3	198.9	157.8	137.8	20.4	28.5	4.7	29.3
長野県小諸市東雲2丁目	F	22.1	17.4	24.8	4.8	150.0	119.0	103.9	15.4	21.5	3.5	22.1
長野県上田市常盤城5丁目	G	32.8	25.8	36.8	7.1	222.6	176.7	154.2	22.9	31.9	5.2	32.8
和光市理研、都立産業技術センター、神奈川県衛研、3か所のCs-137比の平均値⇒			0.8	1.1	0.2	6.8	5.4	4.7	0.7	1.0	0.2	1.0

山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCs
ボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テ
ルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

千葉県印旛郡栄町のSPMから採取されたCsボール（A1）内に存在している放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムと多種の有害金属の実測値による混在モデル図

注：原発事故直後に福島県をはじめ東日本広域に降下したCsボールには、このモデル図のような放射性物質と有害化学毒物が混在して、複合毒影響与えていた。

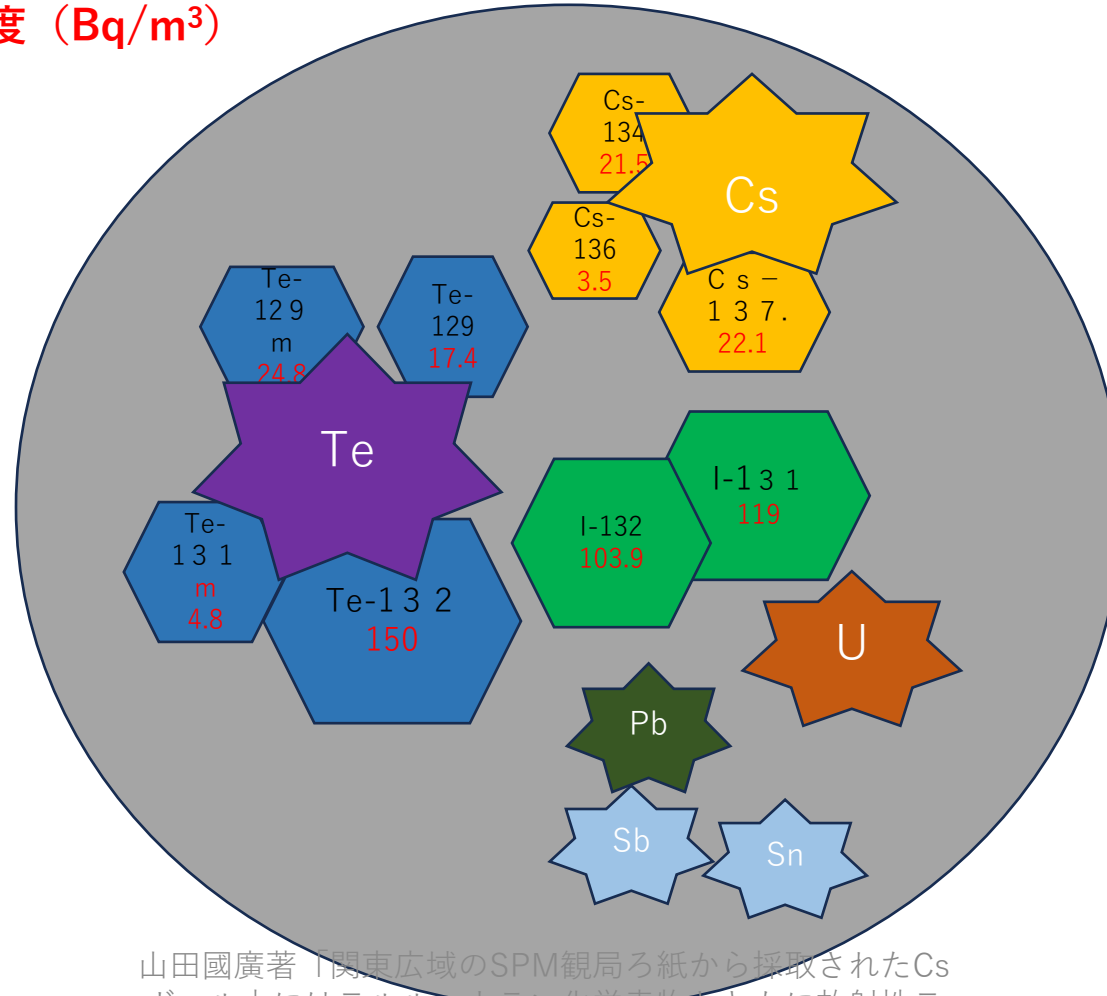
◎直径1 μ m程度のCsボールの中に放射性物質ではTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132,I-131,I-132,i-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137が存在していた。そして化学毒を有する有害重金属としてはテルル、ウラン、鉛、アンチモン、スズなどが存在していた。赤数表示は大気濃度（Bq/m³）



埼玉県和光市のSPMから採取されたCsボール（C1）内に存在している放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムと多種の有害金属の実測値による混在モデル図

注：原発事故直後に福島県をはじめ東日本広域に降下したCsボールには、このモデル図のような放射性物質と有害化学毒物が混在して、複合毒影響与えていた。

◎直径1 μ m程度のCsボールの中に放射性物質ではTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132,I-131,I-132,i-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137が存在していた。そして化学毒を有する有害重金属としてはテルル、ウラン、鉛、アンチモン、スズなどが存在していた。赤数表示は大気濃度（Bq/m³）

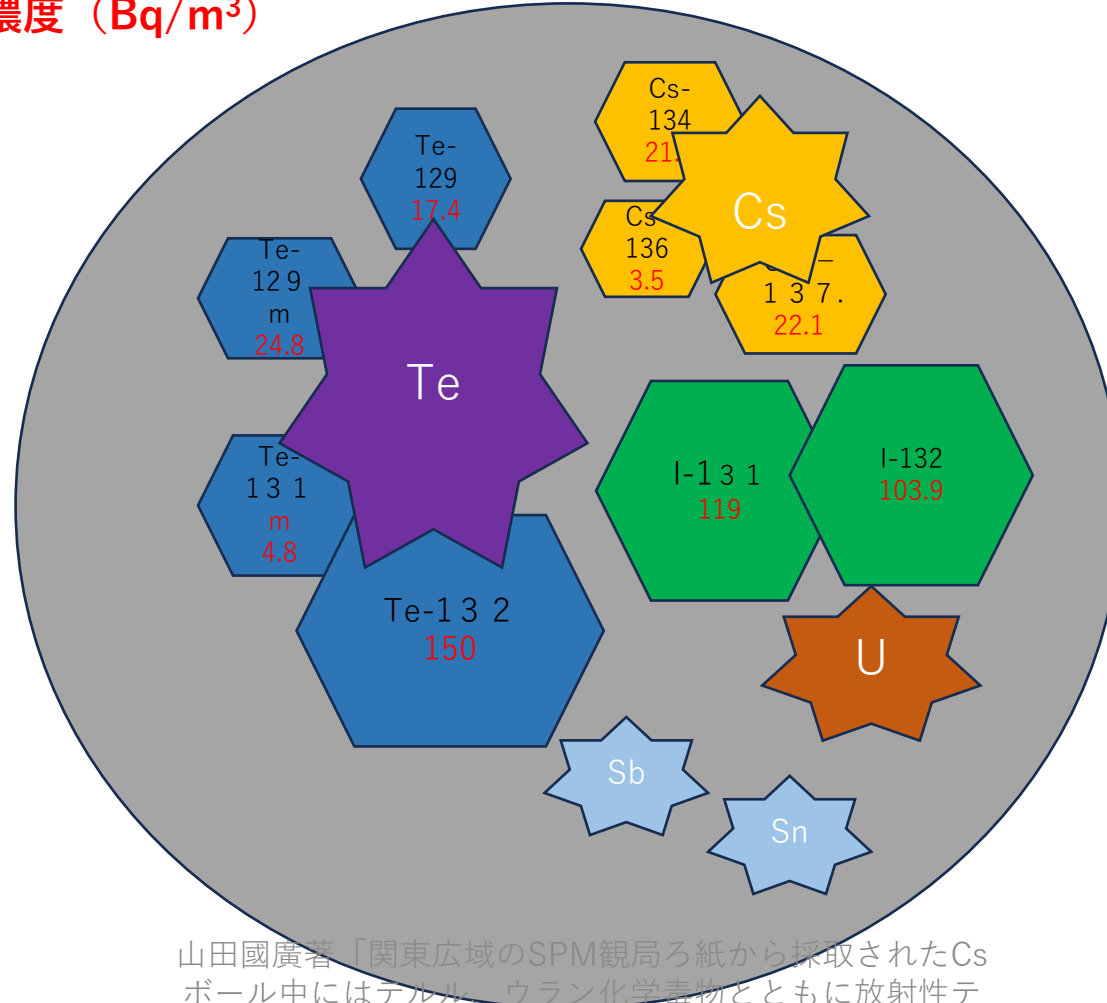


山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

東京都調布市入間町のSPMから採取されたCsボール（D1）内に存在している放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムと多種の有害金属の実測値による混在モデル図

注：原発事故直後に福島県をはじめ東日本広域に降下したCsボールには、このモデル図のような放射性物質と有害化学毒物が混在して、複合毒影響与えていた。

◎直径1 μ m程度のCsボールの中に放射性物質ではTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132,I-131,I-132,i-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137が存在していた。そして化学毒を有する有害重元素としてはテルル、ウラン、鉛、アンチモン、スズなどが存在していた。赤数表示は大気濃度（Bq/m³）

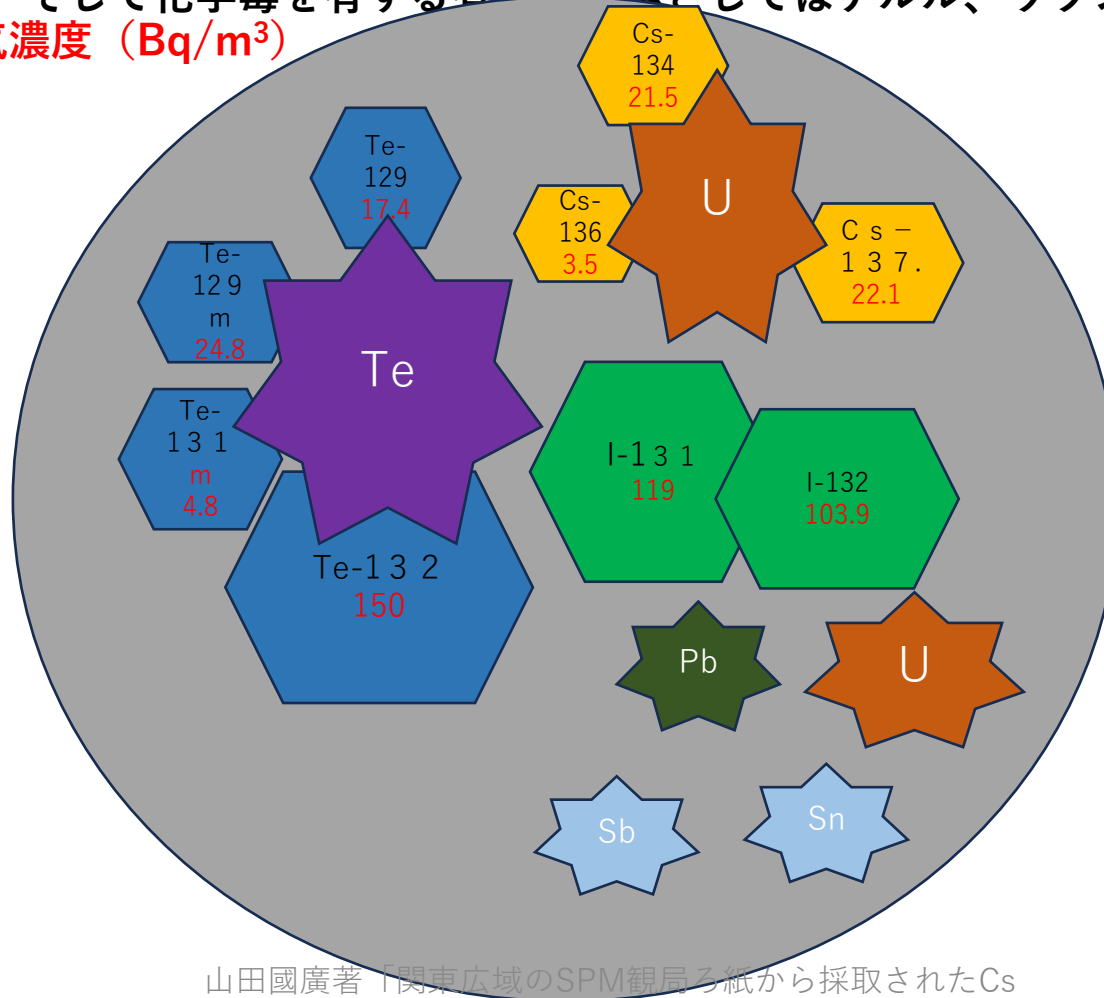


山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

神奈川県秦野市今泉のSPMから採取されたCsボール（E1）内に存在している放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムと多種の有害金属の実測値による混在モデル図

注：原発事故直後に福島県をはじめ東日本広域に降下したCsボールには、このモデル図のような放射性物質と有害化学毒物が混在して、複合毒影響与えていた。

◎直径1 μ m程度のCsボールの中に放射性物質ではTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132,I-131,I-132,i-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137が存在していた。そして化学毒を有する有害重金属としてはテルル、ウラン、鉛、アンチモン、スズなどが存在していた。赤数表示は大気濃度（Bq/m³）



山田國廣著「関東広域のSPM観測ろ紙から採取されたCsボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

4.3：つくば市の気象研の原発事故直後のTe-132,Te-129,Te-129m,I-131,I-132, I-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137汚染濃度の時間変化

左映像：気象研究所の五十嵐康人氏らの発表した報告の題名「福島第一原発事故ごの初期に採取されらCs含有球状粒子の特性について」

出典：<https://pub.jaea.org/iaeameetings/cn224p/Session3/Igarashi.rdf> (2014年2月17日～21日にウィーンで開催されたIAEAシンポで発表された報告書)

右映像：同報告書に掲載されている「つくば市にある気象研究所 (MRI) において2011年3月に採取された大気エアロゾル粒子の放射能汚染濃度 (Bq/m³) の時間変化 (3月15日、21日ころはTe-132,Te-129m,Te-129が高濃度で検出されてつされていた)」

CHARACTERISTICS OF SPHERICAL Cs-BEARING PARTICLES COLLECTED DURING THE EARLY STAGE OF FDNPP ACCIDENT

Yasuhito Igarashi, Kouji Adachi,
Mizuo Kajino & Yuji Zaizen

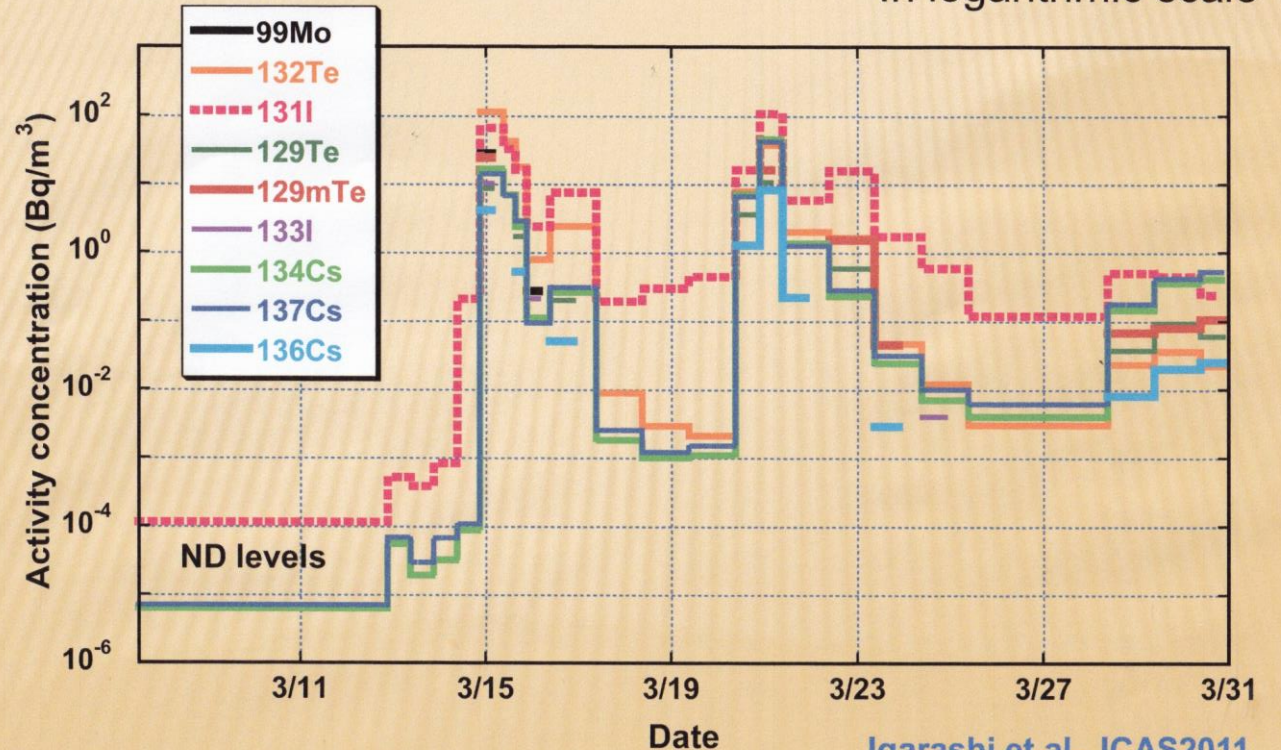


Atmospheric Environment and Applied Meteorology,
Meteorological Research Institute
1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052, Japan
Corresponding author: yigarash@mri-jma.go.jp

山田國廣著「関東広域のSPM観局ろ紙から採取されたCs
ボール中にはテルル、ウラン化学毒物とともに放射性テ
ルル、ヨウ素、セシウムが混在していた」

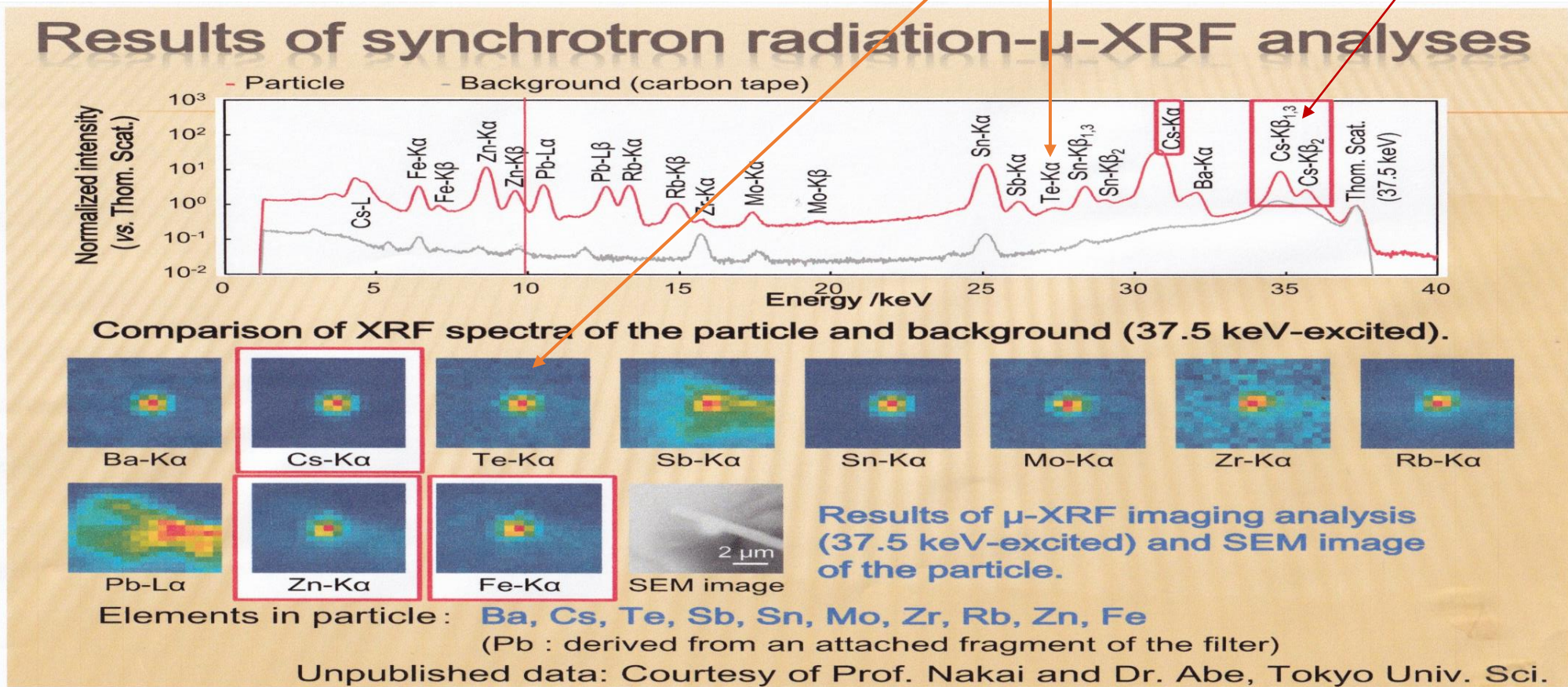
Radioactivity in aerosol samples at MRI in March 2011

In logarithmic scale



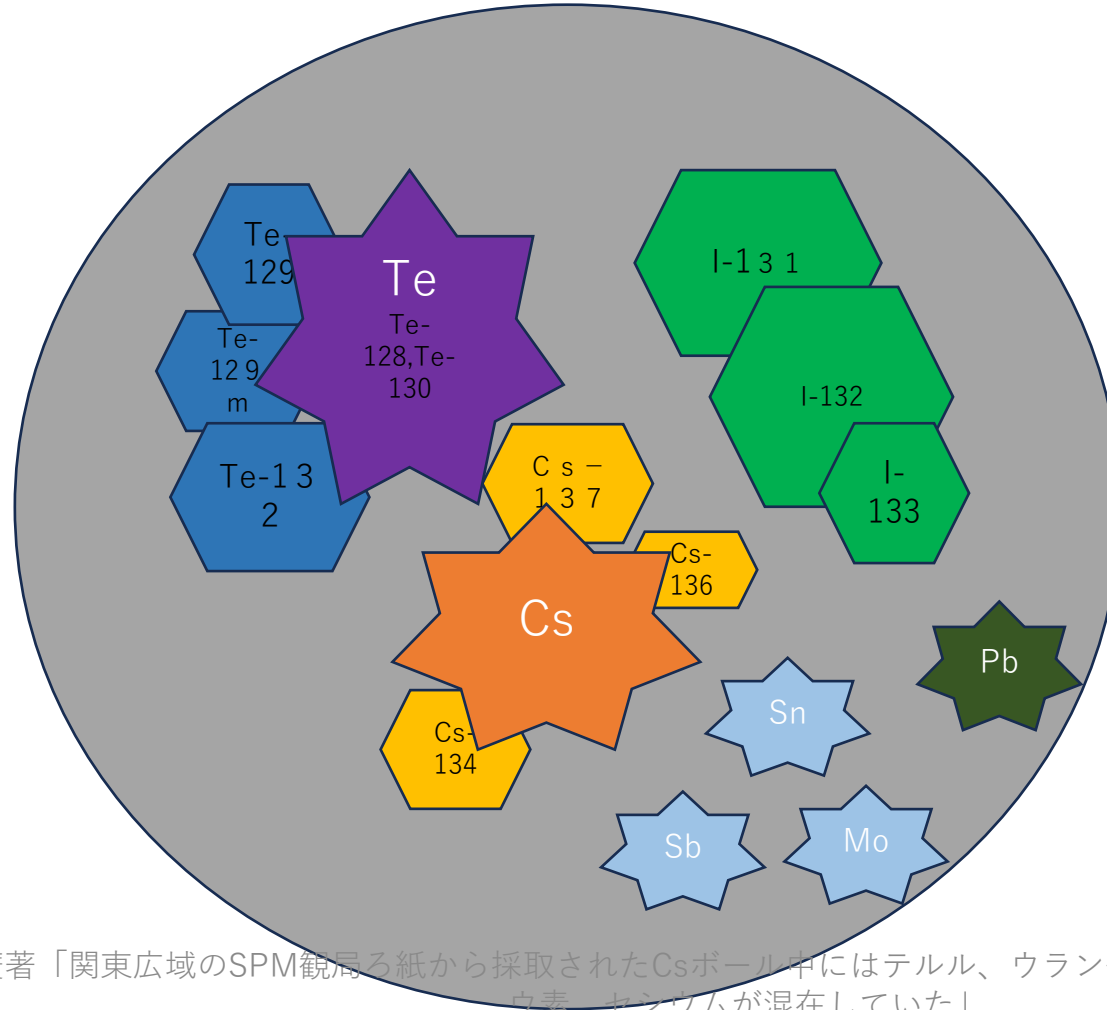
Igarashi et al., ICAS2011

4.4：つくばの気象研で観測されたCsボールには、Csに比例して安定Tega検出されていた。
 ①放射光 μ X線ビーム解析によるCsボール内の半減期無限大毒物テルル (Te) のとCsの存在確認



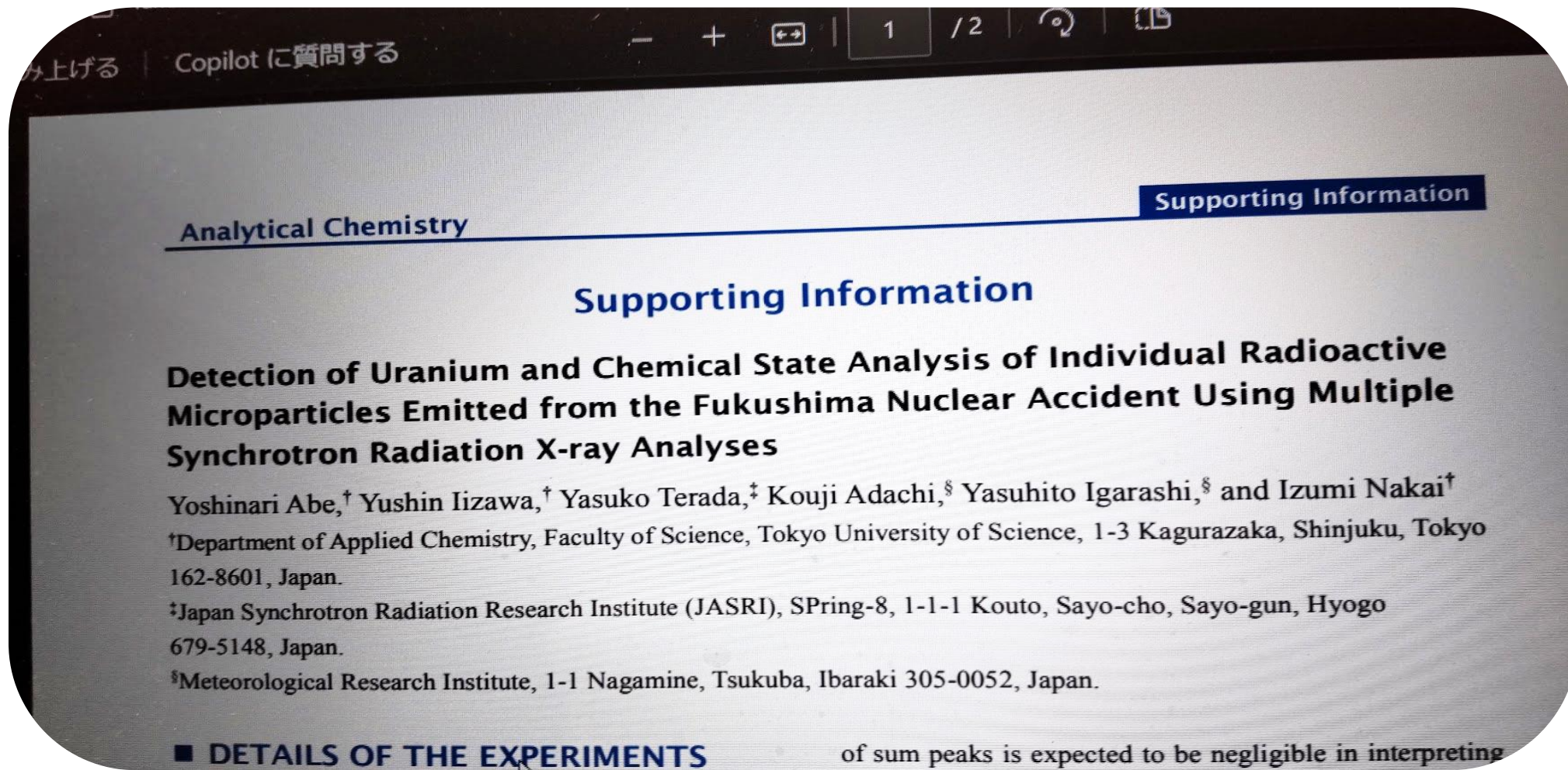
つくば市気象研究所から2011年3月15日に採取されたCsボール内に存在している放射性テルル、放射性ヨウ素、放射性セシウムと多種の有害金属が日本で唯一、同時測定されていた貴重なデータである
注：化学元素として検出されTeの中には、Te-128,Te-130が質量的には多いがTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132も入っている。

◎電子顕微鏡写真にあるように2号機放出プルームに混入していた直径数 μm 程度の球形Csボールの中に放射性物質ではTe-129,Te-129m,Te-131,Te-132,I-131,I-132,I-133,Cs-134,Cs-136,Cs-137が存在していた。そして化学毒を有する有害元素としてはテルル、ウラン、鉛、アンチモン、スズなどが存在していた。



[放射光マイクロビームX線解析による福島第一原発事故で放出された個別放射性微粒子のウラン検出と化学性状の分析]

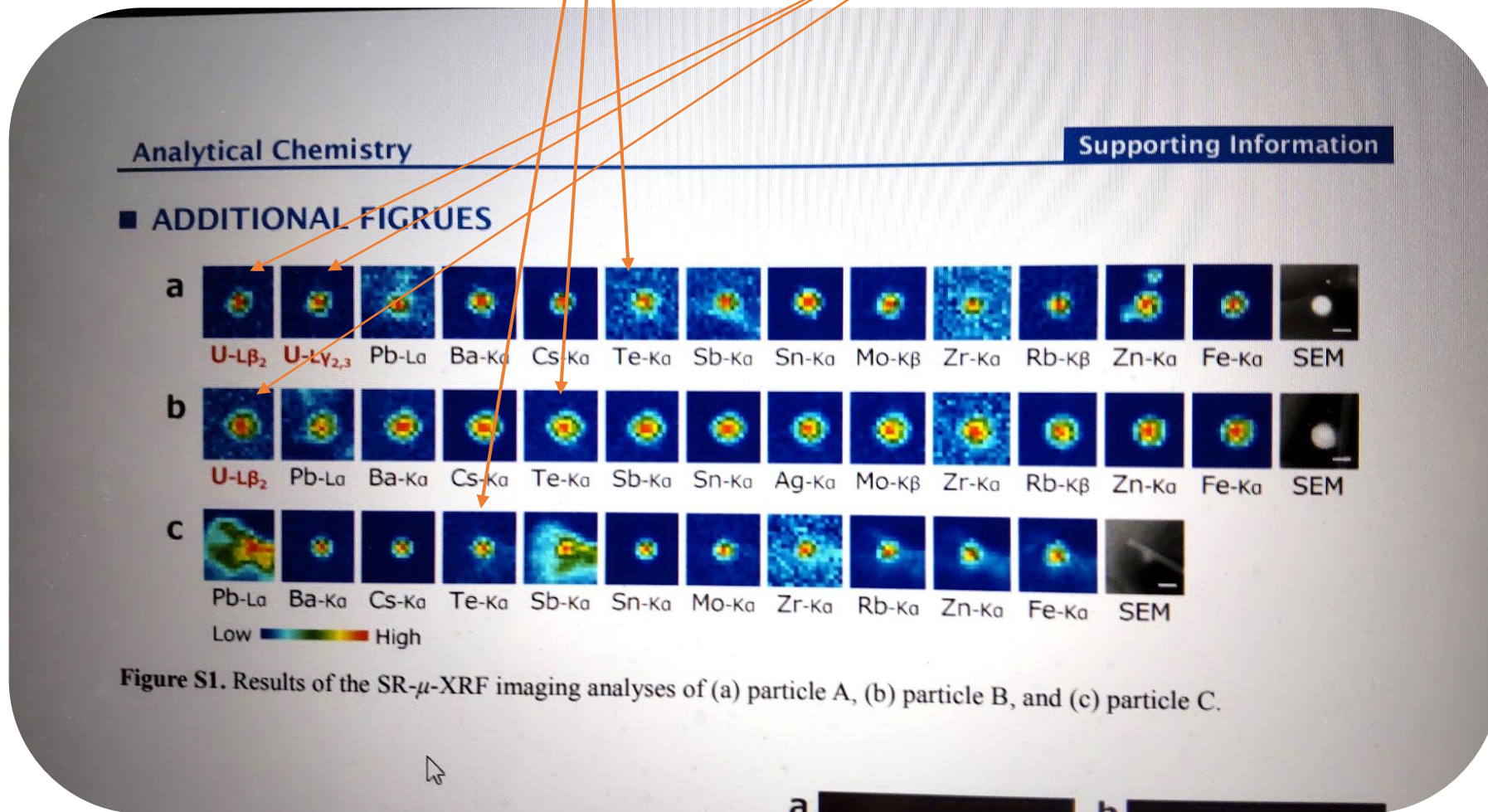
文献：<https://pubs.acs.org/doi/abs>



Particle A, Particle B, Particle CのSR- μ -XRFによるイメージ解析

注1：3つの微粒子共に高度毒物のTe（テルル）が検出されている。

注2：Particle A, Particle Bには、U（ウラン）が検出されている。



SR- μ -XRF解析による原子炉周辺の14種類の元素は

- ①核燃料起源 (U)
 - ②核分裂起源元 (Rb, Zr, Mo, Ag, Sn, Sb, Te, Cs, Ba)
 - ③燃料被覆材量 (Zr, Sn)
 - ④圧力容器構造材 (Fe, Cr, Mn)
 - ⑤冷却水起源 (Zn)
- に分類される。

