文献 ID：13-14-001

1．基本情報

区分	市街地	担当者名	古米弘明
タイトル（英文）	Isotopic Pu, Am and Cm signatures in environmental samples contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Plant accident		
タイトル（和文）	福島第一原子力発電所事故により汚染された環境試料中の同位体プルトニウム,アメリシウム,キュリウム特性		
キーワード	福島第一原子力発電所事故(FDNPP accident)、黒い塵(black substance)、プルトニウム(Pu)、アメリシウム(Am)、キュリウム(Cm)、放射性セシウム(radioactive Cs)		
著者	M.Yamamoto, A.Sakaguchi, S.Ochiai, T.Takada, K.Hamataka, T.Murakami, S.Nagao		
文献	Journal of Environmental Radioactivity/逐次刊行物・原著論文		

（1）対象地域

福島第一原子力発電所から 20km 圏内の 100 箇所以上の地点で試料採取を実施し、南相馬市、浪江町、双葉町、大熊町で行った。また発電所から南側に位置する区域では、富岡町、楢葉町、洋野町およびいわき市で試料採取を行なった。加えて、FDNPP から北西に 25-45km に位置する飯舘村でも試料採取を実施した。

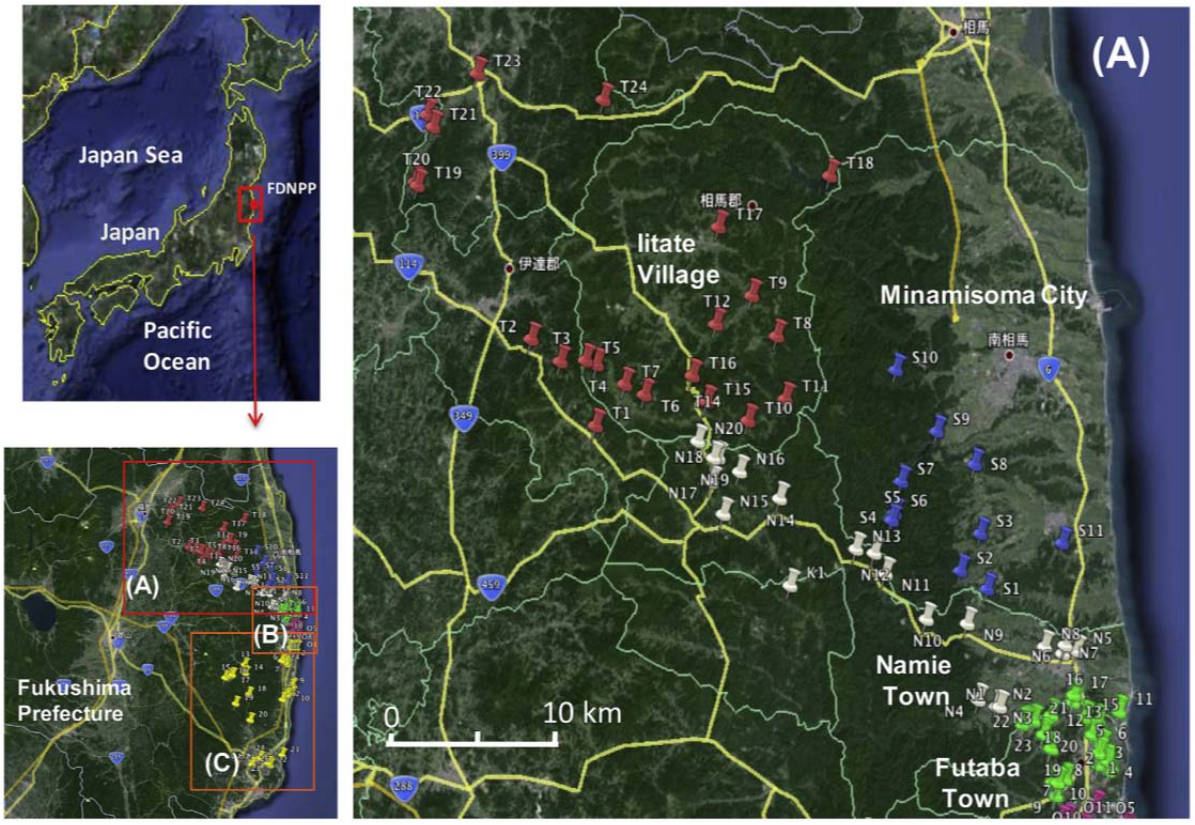

Fig. 1. Maps showing the general locations of sampling sites and the areas (A), (B) and (C). Map showing details for area (A) sampling sites.

図 1. 試料採取地点と区域(A)、(B)、(C)の概要を示す地図。右は区域(A)の詳細な地図。

※図 2 に試料採取区域(B)、(C)を示す地図がある。

（2）重要な図表

表 2. 炉心インベントリの超ウラン核種の放射能比と環境試料中の放射能比の比較(黒い塵とリター試料)

Table 2
Comparison of activity ratios (or atomic ratios) among transuranic nuclides between core inventories and environmental samples (black substances and litter samples).

Ratio	Ratios for core inventory[b]			Ratios for environmental samples		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	*n*	Mean ± *σ*	Median
Activity ratio						
$^{239,240}Pu/^{137}Cs$	7.86×10^{-3}	7.54×10^{-3}	9.96×10^{-3}	137	$(2.34 \pm 3.50) \times 10^{-7-}$	1.29×10^{-7}
$^{236}U/^{239,240}Pu$	3.63×10^{-4}	3.66×10^{-4}	2.84×10^{-4}	12	$(5.84 \pm 4.43) \times 10^{-4}$	5.12×10^{-4}
$^{238}Pu/^{239,240}Pu$	2.9	2.4	2.3	137	1.73 ± 0.75	1.79
$^{241}Pu/^{239,240}Pu$	140	146	126	n.m.		
$^{241}Am/^{239,240}Pu$	0.35	0.23	0.23	122	0.56 ± 0.16	0.54
$^{242}Cm^{a}/^{239,240}Pu$	56.1	46.5	43.3	122	28.1 ± 13.1	26.7
$^{243,244}Cm/^{239,240}Pu$	1.72	1.68	2.16	122	1.10 ± 0.61	1.06
$^{242}Cm^{a}/^{243,244}Cm$	32.5	27.6	20.0	122	28.3 ± 9.9	25.0
Atomic ratio						
$^{240}Pu/^{239}Pu$	0.34	0.32	0.36	9	0.33 ± 0.02	0.34

n.m.: not measured.
[a] Decay-corrected to the date of the accident on March 11, 2011.
[b] Nishihara et al. (2012).

表 2 では、Sakagushi et al.(2013)との共同研究で得られた ^{236}U データを含む同位体組成のデータを、ORIGEN2 コードを使用して推定された炉心インベントリの同位体組成データ(Nihishara et al., 2012)と比較してまとめてある。この同位体放射能比はグローバルフォールアウトの ^{238}Pu、$^{239,240}Pu$、そして ^{241}Am とは一致しなかった。それは、グローバルフォールアウトからくるこれらの同位体の寄与が、黒い塵およびリター試料中で無視できるほど小さかったからである。この表 2 にあるように、$^{239,240}Pu/^{137}Cs$ 放射能比を除いて、実際の環境データと炉心インベントリデータの比は 2 を超えず、非常に良く整合していた。ただし、環境中で観測された $^{239,240}Pu/^{137}Cs$ 放射能比は、オーダーが 10^{-7} であり、燃料インベントリのオーダー(10^{-3})とは明確に異なっている。それは、Pu と比較して放射性 Cs が豊富に大気中へ放出されたことを示唆している。これらの放射能比の中で、$^{241}Am/^{239,240}Pu$ 放射能比が炉心インベントリ中のものよりも試料中のもののほうが少し高い値になった。^{241}Am に関しては、もともと燃料中に含まれる ^{241}Am と ^{241}Pu から成長してきた ^{241}Am との間の関係も考慮しなければならない。この現在の結果は、メルトダウンやメルトスルーの結果生じるコアコンクリート反応（コンクリートと溶融した炉心の反応)によって生産され、微粒子の状態で存在するであろう燃料中の U や Pu といった難揮発性元素が分裂なしに環境中へ水蒸気の気水共発(※訳注 3)とともに放出されたと考えられる。ただし、これはあくまでも推定の範囲である。これらのデータは、他の手段で得ることが難しい、燃焼や放出段階での燃料の状態といった現場の状況に関する情報を得るためにも、非常に重要である。

2. 提言につながる情報

（1）モニタリングへの活用

各サンプリング地点での汚染状況をまとめたことで、福島第一原子力発電所付近の汚染分布を確認することができる。

（2）流出挙動・経路

側道のリター、土壌、道路塵埃

（3）除染の際の留意点

畑などの耕作地における試験の結果、低い放射線量が検出された。これは、表層土をより下層の土と混合したことによると考えられるため、留意が必要である。

（4）担当者のコメント

本研究では、福島第一原子力発電所付近の汚染状況をデータセットとしてまとめ、提供している。これらのデータと発電所から放出された同位体組成を比較することで、事故当時の状況やどこへ拡散していったかを推定する際に、有用な情報になると考えられる。