

番号	線量 003
大項目	大気圏内核実験
中項目	環境分布
小項目	海洋
タイトル	海洋におけるプルトニウムの分布 Distributions of plutonium in the ocean
キーワード	海洋、プルトニウム同位体、移動
概要	
<p>環境中にあるプルトニウム (Pu) の主な同位体に、<math>^{239}\text{Pu}</math>(半減期: <math>2.4 \times 10^4</math> 年) と <math>^{240}\text{Pu}</math> (<math>6.5 \times 10^3</math> 年) がある。環境中の <math>^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}</math> 比はその発生源に依存している。例えば、大気圏核実験によるグローバルフォールアウトの同位体比は 0.18、マーシャル諸島での核実験による比は、0.30-0.36 である。よって、<math>^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}</math> を調べることで、地球上に存在する Pu のほとんどが大気圏核実験によりもたらされたものであることがわかる。その他の起源としては、原子力施設等の事故や、再処理工場からの排出などがある。</p> <p>海洋へはフォールアウトとして、大気からもたらされた。海水中の Pu の鉛直分布は、一般的には中層に極大値を持ち、それ以深では底に向かって減少する (図1)。海水中ではよく溶けているセシウムの分布とは際立った差を示す。また、海洋に入った Pu は粒状物に吸着しやすい傾向から、沿岸域で除かれやすい。外洋にあっても沿岸まで運ばれてそこで沈殿する。</p>	
詳細	
<p>海水中の Pu の鉛直分布に最も大きな影響を与えるものは懸濁物である。図1に示すように外洋で溶存態としての特徴を備える Sr や Cs は表層でピークを持ち、中深層ではほとんど存在しないが、Pu は中深層においても存在し、時には、深層において濃度上昇を見ることがある。表層での Pu の懸濁物への吸着、懸濁物の下層への沈降、中深層での懸濁物の分解という一連のサイクルにより Pu の中下層への輸送を反映した鉛直分布は説明できる。Okubo ら (2008) は、現場型超大容量海水ろ過濃縮装置を用い、青森県沖の海水中の粒状 Pu の分析を行った。大粒子態 (<math>&gt;70\mu\text{m}</math>) Pu は生物生産が高い沿岸域ではその粒状物あたりの比放射能は外洋に比べて低くプランクトンにより希釈されていることがわかった。小粒子態 (<math>1\sim70\mu\text{m}</math>) の Pu 濃度はその比表面積が大きいことを反映して、大粒子よりも一般的に濃度は高い。粒子のサイズの違いによって粒子態 Pu の挙動が異なることが考えられる。また、粒状物中の <math>^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}</math> 比は周りの海水のそれと大差ない。粒子への高い反応性は、鉛直分布のみならず水平分布 (図2) にも影響を与える。すなわち、粒子濃度が高い沿岸のような海域では、外洋の Pu も海流で運ばれて堆積するため、その堆積量は大気からの移動量を超える (例えば、Nagaya and Nakamura, 1992、Yamada and Nagaya, 2000)。</p> <p>海水中の <math>^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}</math> 比はその発生源に依存している。すなわち、原子炉のタイプ、使用する核燃料の種類、核兵器のタイプ等により発生する Pu の同位対比は異なる。例えば、大気圏核実験によるグローバルフォールアウトの同位体比は 0.18、マーシャル諸島での</p>	

核実験による比は、0.30-0.36 である。山田ら(2009)は日本沿岸の堆積物中の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ を調べた。図3に示すように、Puの同位体比は、海域により比は異なる。同位体比の比較から、これらの海域のPuの起源が明らかになった。すなわち、東シナ海や相模湾では、ビキニ核実験由来のPuが約50%、日本海で約20%、オホーツク海で10%、釧路沖では、ほとんどがグローバルフォールアウト起源であった。ビキニに放出されたPuが黒潮で日本沿岸に運ばれ、日本沿岸で粒子とともに堆積していることがわかる。

図表

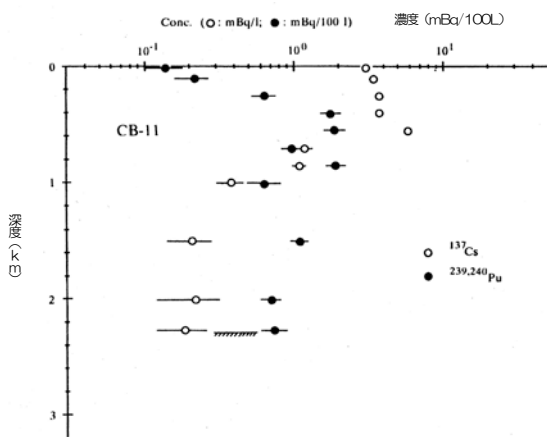


図1. 東シナ海(沖縄トラフ)における海水中のPuとCsの鉛直分布 (Nagaya and Nakamura, Jour.Oceanogr., 18 (1992) より)

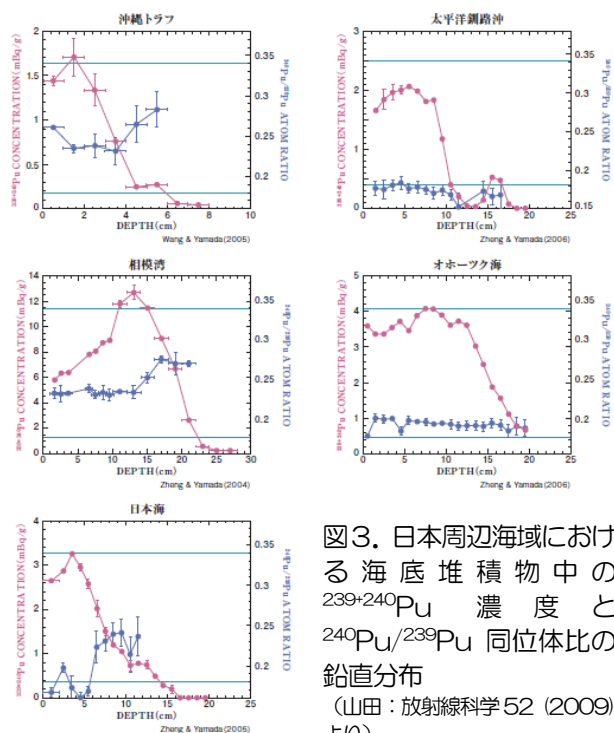


図3. 日本周辺海域における海底堆積物中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度と $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 同位体比の鉛直分布 (山田:放射線科学52 (2009) より)

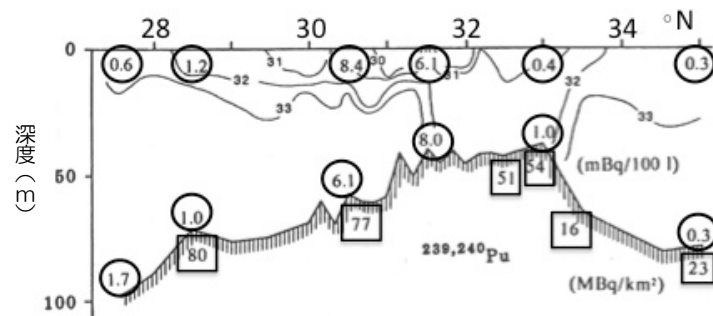


図2. 東シナ海 $123^{\circ} 30' E$ に沿った塩分と $^{239,240}\text{Pu}$ の南北分布 (Nagaya and Nakamura, Jour.Oceanogr., 18 (1992) に一部加筆)

海水中のPu濃度(mBq/100L)は丸、堆積物中の存在量(MBq/km<sup>2</sup>)は四角で囲まれている

## 文献

1. Nagaya, Y. and K. Nakamura:  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the East China and the Yellow Seas. *Jour. Oceanogr.*, 18, 23-35 (1992)
2. Yamada, M. and Y. Nagaya:  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in sediments from Tokyo Bay : Distribution and inventory. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 245(2), 273-279 (2000)
3. Okubo, A., Zheng, J., Yamada, M., Aono, T., Nakanishi, T., Kaeriyama, H., Kusakabe, M.: Determination of plutonium isotopes in marine particle samples collected by the large volume in situ filtration and concentration system. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 275(2): 291-297, 2008.

海洋における Pu の研究は放医研において多くの研究がなされてきた。それらは、以下の文献にまとめられている。詳細は、そちらを参照にされたい。

山田 正俊, 海水、懸濁粒子、沈降粒子および堆積物中のプルトニウム同位体の分布と挙動, 放射線科学 27-33, 52, 2009