希ガスの放射性物質について
クリプトンとキセノン

世の中のすべての物は元素から構成されています。元素は、陽子、中性子、電子からできており（図 1 上）、陽子の数によって元素の種類が区別され、110 種類以上が確認されています。また元素の一覧は元素周期表としてまとめられています（図 1）。なぜ“周期”表と呼ばれるかというと、水素、ヘリウム、リチウムと元素を陽子数の順に並べていくと、性質の似た元素が周期的に現れるからです。

この性質の似た元素のグループの中に希ガスと呼ばれるものがあり、周期表の一番右側の、ヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）、ラドン（Rn）のことをいいます。これら希ガスの元素は非常に安定で反応性に乏しいため他の元素と化合物を作りにくい性質があり、このグループの元素はすべて気体で存在する事から不活性気体とも呼ばれます。

ラドン以外の希ガスは空気の成分として自然に存在し、アルゴンは空気中に約 0.9% と比較的多く含まれています。またクリプトンは約 100 万分の 1、キセノンは約 1000 万分の 1 というごくわずかな割合ですが空気に含まれています。

原子力施設で発生する希ガスの放射性物質

クリプトンやキセノンには安定同位体が自然界にそれぞれ 6 種類、9 種類、存在しています（表 1）。また、原子力発電所ではウランの核分裂により様々な核分裂生成物が発生し、その発生する元素の中にクリプトン 85 とキセノン 133 と呼ばれる希ガスの放射性同位体が含まれています。これら希ガスの放射性同位体は燃料棒の中にガスとして溜まった状態になっています。

元素	質量数	陽子数	中性子数	存在比(%)	
クリプトン	78	36	42	0.35	自然界に存在
	80	36	44	2.25	
	82	36	46	11.6	
	83	36	47	11.5	
	84	36	48	57.0	
	86	36	50	17.3	
	85	36	49	放射性	
キセノン	124	54	70	0.10	自然界に存在
	126	54	72	0.09	
	128	54	74	1.91	
	129	54	75	26.4	
	130	54	76	4.1	
	131	54	77	21.2	
	132	54	78	26.9	
	134	54	80	10.4	
	136	54	82	8.9	
	133	54	79	放射性	

表 1　クリプトンとキセノンの同位体

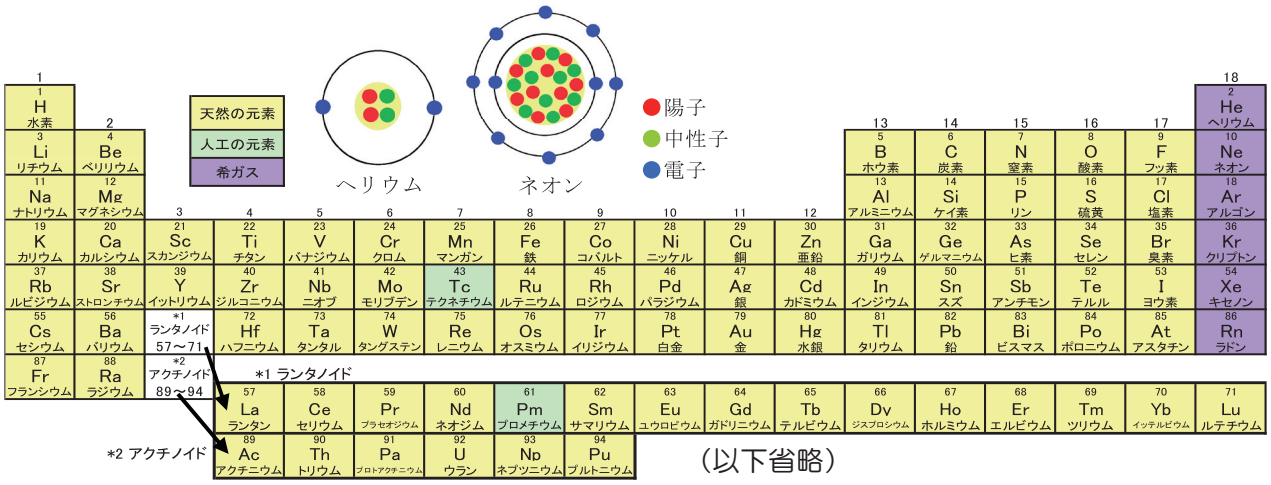

図 1　元素の構造と周期表

これらはいずれもベータ線（電子）、一部は更にガンマ線を放出して、陽子数が一つ大きな別の元素に変化します（図 2）。例えば、半減期が約 5 日である放射性キセノンは、約 5 日で半分の量が放射線を出して陽子数が 55 の放射線を出さない安定元素のセシウム 133 に変化します。

原子力発電所で使用した燃料棒は、再利用が可能なウランやプルトニウムを取り出すために核燃料再処理工場に運搬され処理されます。その際、燃料棒を切断するため中に溜まっていたものが処理施設内に出てきます。キセノン 133 は半減期が約 5 日と短く、燃料棒が使い終わって核分裂が停止しキセノン 133 の発生が無くなってから、燃料棒の取出し、運搬、燃料棒切断までの間に十分な時間があるため、ほとんど安定なセシウム 133 に変わってしまいます。一方でクリプトン 85 は半減期が約 11 年と比較的長いことから残存しており、最終的に再処理工場から気体廃棄物として環境に放出されます。

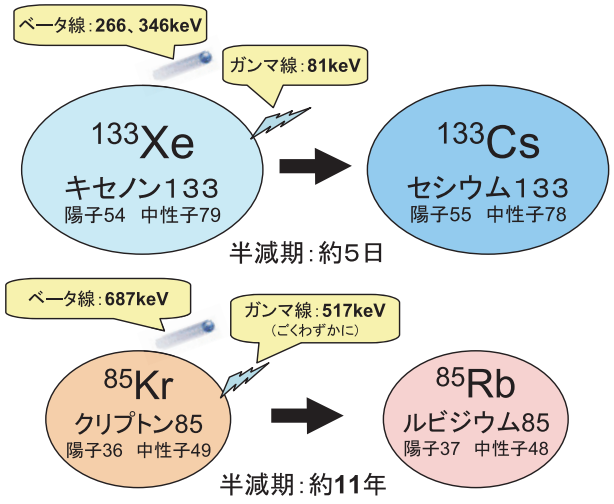

図 2　放射性キセノン・クリプトンの変化

放射性クリプトンの影響評価

再処理工場の排気筒から放出されるクリプトンガスは放出後大気中で拡がっていきますが、更にどのような経路を経て人に影響を及ぼす可能性があるかを評価する必要があります。そのため、なるべく厳しい条件のモデルが作成され、人間が受ける可能性がある放射線の最大量で評価されています。

クリプトン 85 については、非常に化学的に安定で反応性に乏しい性質であるため水や食品の中に蓄積されることが無く、また発生するガンマ線は透過力が強いので体の外から全身に、透過力が小さなベータ線は人間の皮膚に当たるというモデルで評価されています。その量は 1 年間に最大で 0.0053 ミリシーベルトと見積もられています。この値は、人間が 1 年間に自然から受ける世界平均線量 2.4 ミリシーベルトの約 450 分の 1 に相当します。また、再処理工場稼働に伴い環境中に放出される放射性物質から人が受けると評価されている最大年間線量 0.022 ミリシーベルトの約 4 分の 1 がクリプトン 85 によるものとされています。

クリプトン 85 の量をはかる

原子力施設では放射性物質がどの程度出ているのか常に監視しており、測定されています。これを環境放射線モニタリングといい、クリプトン 85 の場合は気体状ベータ放射能濃度という項目で測定されています。クリプトン 85 から出るベータ線をとらえて測定する方法です。

ガス状放射性物質の測定であるため、図 3 のように測定する場所の空気が測定器内に入るように吸い込みます。そして外部からの放射線が入らないように遮蔽（しゃへい）された測定部にある検出器でベータ線の測定が行われます。この測定結果をもとに、クリプトン 85 が一定体積当たりの空気にどの程度含まれているのか濃度を求めています。

（伊藤　　寿）

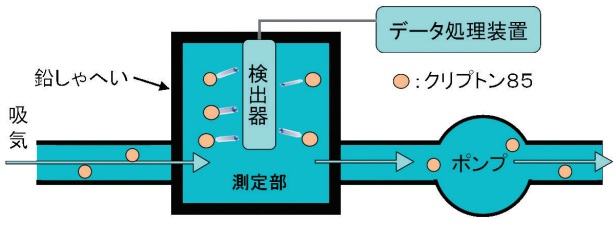

図 3　希ガス放射性物質の測定

このミニ百科は、文部科学省の委託を受けて環境科学技術研究所が発行しているものです。
財団法人　環境科学技術研究所　広報・研究情報室
〒039-3212　青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字家ノ前1-7　電話0175-71-1200
平成20年1月31日　発行