

# 触媒懇談会ニュース

触媒学会シニア懇談会

## 福島原発事故-5

このような計算式は正しいでしょうか

高橋 武重

食物あるいは放出された放射性物質の量として、ベクレル(Bq)という単位が使用されています。この値は、非常に大きくて、1京ベクレル(10000兆ベクレル)などと言う普通では使用されない次元を持っています。

一方で、福島第一原子力発電所の地下に貯まっている汚染水を処理するため、プラントが組み立てられているが、セシウム137を除去する装置の主たる部分はセシウムのゼオライトによる吸着であると報じられています。

1京ベクレルと言う大きな値とセシウムの除去装置の性能を繋ぐためには、1京ベクレルと言う放射線を出している原子の個数と、ゼオライトの吸着能力を考えることが必要であり、それには1京ベクレルと言う値とモル濃度との相関が必要と考えて試みました。ゼオライトを扱う研究者・技術者はベクレルと言う単位が良く分からず、また放射性元素を取り扱う研究者・技術者はこれをモル濃度で表わそうと考えた人はいないようであります。

そのため、適当な参考文献がなかったが、Wikipedia

([ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%99%E3%82%AF%E3%83%AC%E3%83%AB](http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%99%E3%82%AF%E3%83%AC%E3%83%AB))にそれらしいものがあつたので、掲載されていた計算式か

ら1京ベクレルのセシウム 137 のモル濃度を求めてみました。

Wikipedia の関連する記事をコピーすると、以下のものであり、ベクレルから質量濃度への計算式は次のとおりとされている。

毎秒ごとに原子核が自然崩壊する確率は、[放射性核種の半減期](#)に反比例するため、ベクレルはその核種の半減期  $T$  と存在量  $N$  とで一意に決まる。時刻  $t=0$  の瞬間に  $N_0$  個の放射性核種を含む物質があつたとすると、時刻  $t$  における存在量は

$$N = N_0 \times 2^{-\frac{t}{T}}$$
 個となる。よって壊変速度すなわち放射能は、

$$-\frac{dN}{dt} = \frac{\log 2}{T} N = \lambda N \quad [\text{Bq}] \text{ となる } (\lambda$$

$= \frac{\log 2}{T}$  を [壊変定数](#) と呼ぶ、 $\log$  は [自然対数](#))。

例えば、[ラジウム 226](#) の半減期  $T$  は 1600[年]= $5.05 \times 10^{10}$ [秒] [\[計算式 1\]](#) であり、純粋な 1g のラジウム 226 には  $N$  約  $2.66 \times 10^{21}$  個 [\[計算式 2\]](#) の原子核が含まれるので、放射能は約  $3.65 \times 10^{10}$  ベクレル [\[計算式 3\]](#) であるといえる(当初のキュリーCi の定義)。この場合のラジウム 226 は時間と共に崩

壊によって減少していくので、計算するにあたっては経過時間を考慮する必要があります。また時刻  $t > 0$  における放射能は、崩壊後の核種が放射性である場合、その核種による放射能の分が増えるので  $\lambda N[\text{Bq}]$  より大きくなる。

### 計算式 [\[編集\]](#)

1.  $\hat{=} 1600 [\text{年}] = 1600 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 [\text{秒}]$
2.  $\hat{=} \frac{6.02214 \times 10^{23}}{226.0254} = 2.66 \times 10^{21}$
3.  $\hat{=} \frac{0.693}{6.06 \times 10^{10}} \times 2.66 \times 10^{21}$

上記の考え方にならって、ベクレルとモル濃度の相関を行いました。ただし、少しだけ変数を使いやすいものに変更しました。まず、半減期は  $T$  から  $t_{1/2}$  に変更しました。

さらに、簡単のため、放射線を出す核種はセシウム 137 に絞り、これが  $\beta$  崩壊したのちは新たな放射性物質を作らないとして考えてみました。

セシウム 137 の半減期は、30.1 年であるので、これを秒 (second) にすると、

$$t_{1/2} = 30.1 \times 365.25 \times 24 \times 60 \times 60 = 9.49 \times 10^8 \text{ 秒} \text{ となります。}$$

セシウム 1g の原子数は

$$N = 6.02 \times 10^{23} / 137 = 4.39 \times 10^{21} \text{ 個} \text{ となります。}$$

セシウム 137 の 1g の放射線量は

$$\text{Bq (セシウム 1g)} = (\ln 2 / 9.49 \times 10^8) \times 4.39 \times 10^{21} = 3.21 \times 10^{12} \text{ となります。}$$

ここで放出されたセシウムの総量は 1 京ベクレル  $= 1 \times 10^{16}$  ベクレルとしたので、これを放出するセシウム 137 の質量は

$$M = 1 \times 10^{16} / 3.21 \times 10^{12} = 3.12 \times 10^3 \text{ g}$$

これをセシウム 137 の原子量で割ると、

$$\text{mol 数} = 3.12 \times 10^3 / 137 = 22.7 \text{ mol} \text{ となります。}$$

今度は小さいほうの 500 ベクレルについて考えてみました。500Bq の mol 数は

$$\text{mol 数} = (500 / 3.21 \times 10^{12}) / 137 = 1.14 \times 10^{-21} \text{ mol} \text{ となります。}$$

これが 1kg の中に含まれているとすると、その濃度は  $1.14 \times 10^{-21} / 1000 = 1.14 \times 10^{-24} \text{ mol/kg}$  となり、放射線の測定以外の方法で測定するのは難しいように思われます。また、このような少ない量を問題にするのかということもあり、本当にこの計算が正しいのか自信がありません。

最近放射性セシウムで汚染された稲わらを食べた肉牛に含まれる放射性物質の量が 500Bq/kg という暫定値を越えて出荷されたことが問題になっています。500Bq/kg では、中に含まれるセシウム 137 の質量濃度は

$$500 / 3.21 \times 10^{12} = 1.56 \times 10^{-19} \text{ g/kg} \text{ となります。}$$

計算の結果は、500Bq の牛肉に含まれるセシウム 137 の質量は、信じられないほどの小ささになります。

牛肉中のセシウム 137 の原因になった、稲わらに当たった雨に含まれるセシウム 137 の濃度は 1ppb であったと仮定して、そのベクレル数を計算してみます。

1 ppb のセシウム 137 を含む雨の 1kg に含まれるセシウム 137 は、 $1 \mu\text{g}$  になりますので、そのベクレル数は

$$1 \times 10^{-6} \times 3.21 \times 10^{12} = 3.21 \times 10^6 \text{ Bq} = 321 \text{ 万ベクレル} \text{ となります。}$$

このようなベクレル数であれば、誰かが気が付くはずで、よって、稲わらを汚染させたセシウム 137 の量は微量であったと思われず。

私共は、このような低濃度の物質を取り扱ったことはありません。よって、この計算が正しいのかどうか、どなたか、これを

見ていただければ幸いです。