

## 放射性物質に関するQ & A（その1）

市民の皆様の放射性物質に関するご質問や問い合わせがありました中から、主なものについて Q&A 形式でお答えします。

なお、回答については、原子力安全・保安院等の関係機関へ照会し、南相馬市災害対策本部が編集したものです。

**Q1**：平成23年10月ころ、原子力安全・保安院においてヨウ素が当初の想定より100倍多く出ていたとのプレス発表を行っていますが事実関係はどうなっていますか。

**A1**：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に関して発電所から大気中への放射性物質の放出量に関しては、6月6日に炉心の状態を評価した際に公表していましたが、その際の放出量の計算過程に誤りがあったことが確認されたため、10月20日に放出量の訂正について公表しています。

放出量の試算値に誤りがあった核種は、当該核種の半減期が時間単位のもので、具体的には Mo (モリブデン) -99、Sb (アンチモン) -129、Te (テルル) -131m、Te-132、I (ヨウ素) -132、I-133、I-135、であり、試算値としては増えたものもあれば、減ったものもあります。

**Q2**：ヨウ素が当初の想定より100倍多く放出されたのであれば、公衆に与える被ばく等の影響が当初より大きいということではないですか。

また、ヨウ素は、さまざまな核種に変わり健康に影響を与えると聞いていますが事実関係はどうなのでしょう。

**A2**：放出量の試算値に誤りがあった核種では、それぞれ Mo (モリブデン) -99 は Tc (テクネチウム) -99m、Sb (アンチモン) -129 は Te (テルル) -129、Te-131m は I (ヨウ素) -131、Te-132 は I-132、I-132 は Xe (キセノン) -132、I-133 は Xe-133、I-135 は Xe-135 に主に変わっていきますが、いずれにしても、被ばく影響として主要な核種である I-131 の放出量を上回るものではありません。

被ばく影響については、本評価結果を踏まえたSPEEDIでの線量計算を行っているところであり、福島県における避難者の被ばく評価の作業を行っている放射線医学研究所へ情報提供することとしています。

**Q3**：テルルが放射性ヨウ素に壊変しているとの認識でよいですか。

**A3**：テルルにも複数の同位体核種があり、それぞれで壊変の形態も異なりますが、テルル 132 であれば、 $\beta$ （ベータ） $-$ 壊変（注1）で放射性ヨウ素のヨウ素 132 になります。

※注1： $\beta^-$ 壊変は、クォークレベルでの $\beta^-$ 崩壊中性子が電子（ベータ粒子）と反電子ニュートリノを放出して陽子になる現象。単にベータ崩壊といった場合これを指す。一般的に、安定同位体よりも中性子の多い核種で $\beta^-$ 崩壊が発生する。

**Q4**：テルル以外の核種については、どのように壊変していますか。

**A4**：壊変には $\alpha$ （アルファ）壊変（注1）、 $\beta$ （ベータ） $+$ 壊変（注2）、 $\beta$ （ベータ） $-$ 壊変（注3）、自発核分裂（注4）などがありますが、 $\beta$ （ベータ） $-$ 壊変では、原子番号がひとつ増えた核種に変わります。

なお、Q3でもお答えしているように、Mo-99はTe-99、Sb-129はTe-129、Te-131mはI-131、Te-132はI-132、I-132はXe-132、I-133はXe-133、I-135はXe-135に変わります。

※注1： $\alpha$ （アルファ）壊変（アルファかいへん、 $\alpha$ 崩壊、Alpha decay）は、アルファ崩壊ともいい、原子核の放射壊変の一種。重い原子核が分裂して、より軽い原子核とヘリウム原子核になることである。

※注2： $\beta^+$ 壊変は、陽子が陽電子（ベータ粒子）と電子ニュートリノを放出して中性子になる現象。陽電子崩壊とも呼ぶ。一般的に、安定同位体よりも中性子の少ない核種で $\beta^+$ 崩壊が発生する。

※注3： $\beta^-$ 壊変は、クォークレベルでの $\beta^-$ 崩壊中性子が電子（ベータ粒子）と反電子ニュートリノを放出して陽子になる現象。単にベータ崩壊といった場合これを指す。一般的に、安定同位体よりも中性子の多い核種で $\beta^-$ 崩壊が発生する。

※注4：自発核分裂（じはつかくぶんれつ、英語：spontaneous fission、SF）とは質量数が非常に大きな同位体に特徴的に見られる放射性崩壊の一種である。自発核分裂はその名の通り原子核分裂反応と全く同じ物理過程であるが、中性子やそ

他の粒子による衝撃を受けることなく分裂が始まる点が通常の核分裂と異なっている。

**Q5**：それら壊変した核種の危険性について公表すべきではないですか。

**A5**：これらについては、被ばく影響として主要な核種である I-131 の放出量を上回るものではないと考えております。

なお、住民の被ばく線量評価については、ヨウ素をはじめとした各種の放射性物質による被ばく評価については現在検討中であり、10月20日に原子力安全・保安院より公表した訂正された放出量も参考にしていきます。

**Q6**：テルルについては、4同位体があるが、そのうちテルル 127m、テルル 129m についての挙動（壊変しどのような物質になるのか及びその壊変期間（半減期））についてはどうなっていますか。

また、壊変し続けていく過程全てについて教えてください。

**A6**：テルルの同位体は少なくとも4以上あり、アイソトープ手帳（注1）にはうち、10種類の同位体が掲載されており、代表的な同位体についてアイソトープ手帳等に記載されているデータに基づいて以下のとおり Decay schemes（注2）を作成しましたのでご確認ください。

※（ ）内は半減期。

① $^{129m}\text{Te}$  (33.6d)  $\rightarrow$   $^{129}\text{Te}$  (69.6m)  $\rightarrow$   $^{129}\text{I}$  (1.57E+7y)  $\rightarrow$   $^{129}\text{Xe}$  【安定核種】

② $^{129m}\text{Te}$  (33.6d)  $\rightarrow$   $^{129}\text{I}$  (1.57E+7y)  $\rightarrow$   $^{129}\text{Xe}$  【安定核種】

③ $^{127m}\text{Te}$  (109d)  $\rightarrow$   $^{127}\text{Te}$  (9.35h)  $\rightarrow$   $^{127}\text{I}$  【安定核種】

※注1：放射線に関する基礎から応用、保健物理までを含めた放射線データ集。アイソトープ手帳（11版）財団法人日本アイソトープ協会。

※注2：崩壊系列（ほうかいけいれつ、Decay chain）。原子物理学において、放射性崩壊によって生じる個々の放射性の崩壊生成物について、同じ核種をたどるものごとを一連の核種変換を系列としてまとめたもの。

**Q7** : 放射性 Ag (銀) については、壊変後「安定カドミウム (イタイイタイ病原物質)」になるようですがその確認と危険性について教えてください。

**Q7** : Ag の放射性同位体は複数あります。アイソトープ手帳等のデータを元に作成した  $^{110m}\text{Ag}$  の Decay schemes は、以下のとおりです。なお、 $^{110m}\text{Ag}$  の半減期については、文献により多少の差異が見られますが、今回はアイソトープ手帳のデータを活用しました。

$^{110m}\text{Ag}$  (249. 950d)  $\rightarrow$   $^{110}\text{Ag}$  (24.6s)  $\rightarrow$   $^{110}\text{Cd}$  【安定核種】

また、福島県における Ag の評価 (危険性) については、文部科学省の見解 (以下の URL) を参考にさせていただきますようお願いいたします。

[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution\\_map\\_around\\_FukushimaNPP/0002/5600\\_103120.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution_map_around_FukushimaNPP/0002/5600_103120.pdf)

[文部科学省による放射線量等分布マップ \(テルル 129m、銀 110mの土壤濃度マップ\) の作成について \(平成 23 年 10 月 31 日\) \(PDF:1391KB\)](#)

**Q8** : 31 核種に含まれない「重水素トリチウム」の放出量とその危険性についてはどのような見解ですか。

**A8** : 東京電力福島第一原子力発電所の 1 号機～3 号機の原子炉内には、地震発生による原子炉停止時において、およそ  $2.5 \times 10^{11}$  ベクレルのトリチウムがあったものと考えられます。ただし、トリチウムは水の形態でも存在することになるため、環境へ放出された量について特定することは難しく、大変恐れ入りますが、お答えすることは出来ません。

また、トリチウムの生物影響については、(財) 高度情報科学技術研究機構 (文部科学省所管) の HP に記載がございます (以下の URL) のでそちらを参考にさせていただきますようお願いいたします。

[http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_Key=09-02-02-20](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=09-02-02-20)  
財団法人 高度情報科学技術研究機構 (※法人のホームページへリンク)

**Q9** : 31 核種全ての挙動 (壊変しどのような物質になるのか及びその壊変期間 (半減期?)) と壊変し続けていく過程全てについて教えてください。

A9 : 下表のとおりです。

なお、半減期等については原則、アイソトープ手帳掲載データを活用しましたが、アイソトープ手帳に掲載されていないデータについては、NUCLEONICA サイトにある Universal Nuclide Chart (注1) より引用しています。

※注1 : NUCLEONICA was developed at the [Institute for Transuranium Elements \(ITU\)](#). It is owned by the European Atomic Energy Community.

| Nuclide Name                               | Decay Scheme  |
|--|---|
| $^{133}\text{Xe}(5.2475\text{d})$          | $^{133}\text{Cs}(\text{St})$  |
| $^{134}\text{Cs}(2.0648\text{y})$          | $^{134}\text{Ba}(\text{St})$<br>$^{134}\text{Xe}(\text{St})$  |
| $^{137}\text{Cs}(30.167\text{y})$          | $^{137\text{m}}\text{Ba}(2.552\text{m})\Rightarrow^{137}\text{Ba}(\text{St})$   |
| $^{89}\text{Sr}(50.53\text{d})$            | $^{89\text{m}}\text{Y}(15.6\text{s})\Rightarrow^{89}\text{Y}(\text{St})$  |
| $^{90}\text{Sr}(28.79\text{y})$            | $^{90}\text{Y}(64\text{h})\Rightarrow^{90}\text{Zr}(\text{St})$   |
| $^{140}\text{Ba}(12.752\text{d})$          | $^{140}\text{La}(1.6781\text{d})\Rightarrow^{140}\text{Ce}(\text{St})$  |
| $^{131\text{m}}\text{Te}(1.25\text{d})$    | $^{131}\text{I}(8.02070\text{d})\Rightarrow^{131\text{m}}\text{Xe}(11.8\text{d})\Rightarrow^{131}\text{Xe}(\text{St})$<br>$^{131}\text{Te}(25\text{m})\Rightarrow^{131}\text{I}(8.0207\text{d})\Rightarrow^{131\text{m}}\text{Xe}(11.8\text{d})\Rightarrow^{131}\text{Xe}(\text{St})$ |
| $^{132}\text{Te}(3.240\text{d})$           | $^{132}\text{I}(2.295\text{h})\Rightarrow^{132}\text{Xe}(\text{St})$  |
| $^{103}\text{Ru}(39.26\text{h})$           | $^{103\text{m}}\text{Rh}(56.114\text{m})\Rightarrow^{103}\text{Rh}(\text{St})$  |
| $^{106}\text{Ru}(373.59\text{d})$          | $^{106}\text{Rh}(29.8\text{s})\Rightarrow^{106}\text{Pd}(\text{St})$  |
| $^{95}\text{Zr}(64.032\text{d})$           | $^{95\text{m}}\text{Nb}(3.61\text{d})\Rightarrow^{95}\text{Nb}(34.991\text{d})\Rightarrow^{95}\text{Mo}(\text{St})$   |
| $^{141}\text{Ce}(32.508\text{d})$          | $^{141}\text{Pr}(\text{St})$  |
| $^{144}\text{Ce}(284.91\text{d})$          | $^{144\text{m}}\text{Pr}(7.2\text{m})\Rightarrow^{144}\text{Pr}(17.28\text{m})\Rightarrow^{144}\text{Nd}(2.29\text{E}+15\text{y})\Rightarrow^{140}\text{Ce}(\text{St})$<br>$\Rightarrow^{144}\text{Nd}(2.29+15\text{y})\Rightarrow^{140}\text{Ce}(\text{St})$                         |
| $^{239}\text{Np}(2.356\text{d})$           | $^{239}\text{Pu}(2.41\text{E}+4\text{y})\Rightarrow^{235\text{m}}\text{U}(25\text{m})\Rightarrow^{235}\text{U}(7.04\text{E}+8\text{y})\Rightarrow$ アクチニウム系列(別紙2参照)による壊変 $\Rightarrow^{207}\text{Pb}(\text{St})$   |
| $^{238}\text{Pu}(87.7\text{y})$            | $^{234}\text{U}(2.455\text{E}+5\text{y})\Rightarrow$ ウラン系列(別紙1参照)による壊変 $\Rightarrow^{206}\text{Pb}(\text{St})$  |
| $^{239}\text{Pu}(2.411\text{E}+4\text{y})$ | $^{235\text{m}}\text{U}(26\text{m})\Rightarrow^{235}\text{U}(7.04\text{E}+8\text{y})\Rightarrow$ アクチニウム系列(別紙2参照)による壊変 $\Rightarrow^{207}\text{Pb}(\text{St})$   |
| $^{240}\text{Pu}(6564\text{y})$            | $^{236}\text{U}(2.34\text{E}+7\text{y})\Rightarrow^{232}\text{Th}(1.405\text{E}+10\text{y})\Rightarrow$ トリウム系列(別紙1参照)による壊変 $\Rightarrow^{208}\text{Pb}(\text{St})$  |
| $^{241}\text{Pu}(14.35\text{y})$           | $^{237}\text{U}(6.75\text{d})\Rightarrow^{237}\text{Np}(2.144\text{E}+6\text{y})\Rightarrow$ ネプツニウム系列(別紙2参照)による壊変 $\Rightarrow^{205}\text{Ti}(\text{St})$   |
| $^{91}\text{Y}(58.51\text{d})$             | $^{91}\text{Zr}(\text{St})$   |

| Nuclide Name                      | Decay Scheme   |
|-----------------------------------|--|
| $^{143}\text{Pr}(13.57\text{d})$  | $^{143}\text{Nd}(\text{St})$   |
| $^{147}\text{Nd}(10.98\text{d})$  | $^{147}\text{Pm}(2.6234\text{y})\Rightarrow^{147}\text{Sm}(1.06\text{E}+11\text{y})\Rightarrow^{143}\text{Nd}(\text{St})$  |
| $^{242}\text{Cm}(162.8\text{d})$  | $^{238}\text{Pu}(162.8\text{d})\Rightarrow^{234}\text{U}(2.455\text{E}+5\text{y})\Rightarrow$ ウラン系列 (別紙1参照)<br>による壊変 $\Rightarrow^{206}\text{Pb}(\text{St})$   |
| $^{131}\text{I}(8.02070\text{d})$ | $^{131\text{m}}\text{Xe}(11.8\text{d})\Rightarrow^{131}\text{Xe}(\text{St})$   |
| $^{132}\text{I}(2.295\text{h})$   | $^{132}\text{Xe}(\text{St})$   |
| $^{133}\text{I}(20.8\text{h})$    | $^{133\text{m}}\text{Xe}(2.19\text{d})\Rightarrow^{133}\text{Xe}(5.2475\text{d})\Rightarrow^{133}\text{Cs}(\text{St})$   |
| $^{135}\text{I}(6.57\text{h})$    | $^{135\text{m}}\text{Xe}(15.29\text{m})\Rightarrow^{135}\text{Xe}(9.14\text{h})\Rightarrow\text{Cs}^{135}(2.3\text{E}+6\text{y})\Rightarrow^{135}\text{Ba}(\text{St})$<br>$\Rightarrow^{135}\text{Cs}(2.3\text{E}+6\text{y})\Rightarrow^{135}\text{Ba}(\text{St})$ |
| $^{127}\text{Sb}(3.85\text{d})$   | $^{127\text{m}}\text{Te}(109\text{d})\Rightarrow^{127}\text{Te}(9.35\text{h})\Rightarrow^{127}\text{I}(\text{St})$   |
| $^{129}\text{Sb}(4.4\text{h})$    | $^{129\text{m}}\text{Te}(16.7\text{d})\Rightarrow^{129}\text{Te}(69.6\text{m})\Rightarrow^{129}\text{I}(1.57\text{E}+7\text{y})\Rightarrow^{129}\text{Xe}(\text{St})$  |
| $^{99}\text{Mo}(65.94\text{h})$   | $^{99\text{m}}\text{Tc}(6.01\text{h})\Rightarrow^{99}\text{Tc}(2.111\text{E}+5\text{y})\Rightarrow^{99}\text{Ru}(\text{St})$   |

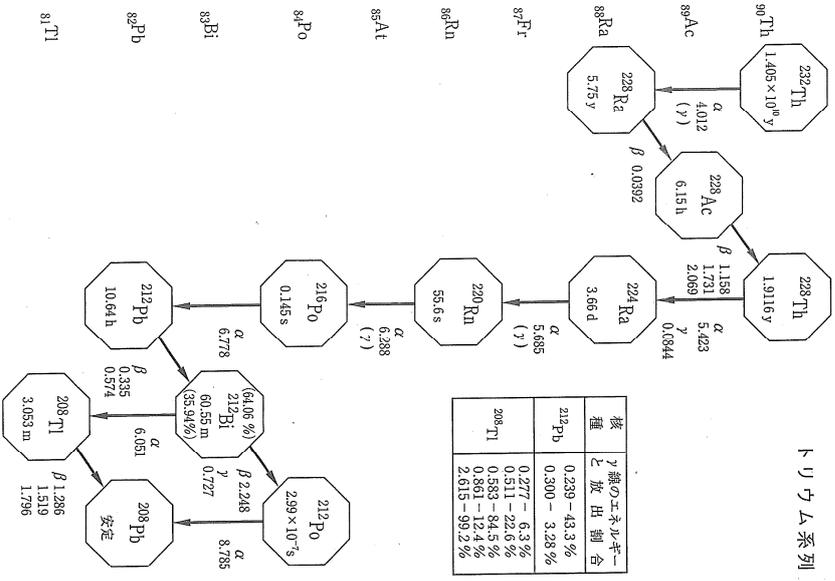
( ) ; Half-life, St: Stable

次に、放射性壊変系列は次の通りです。

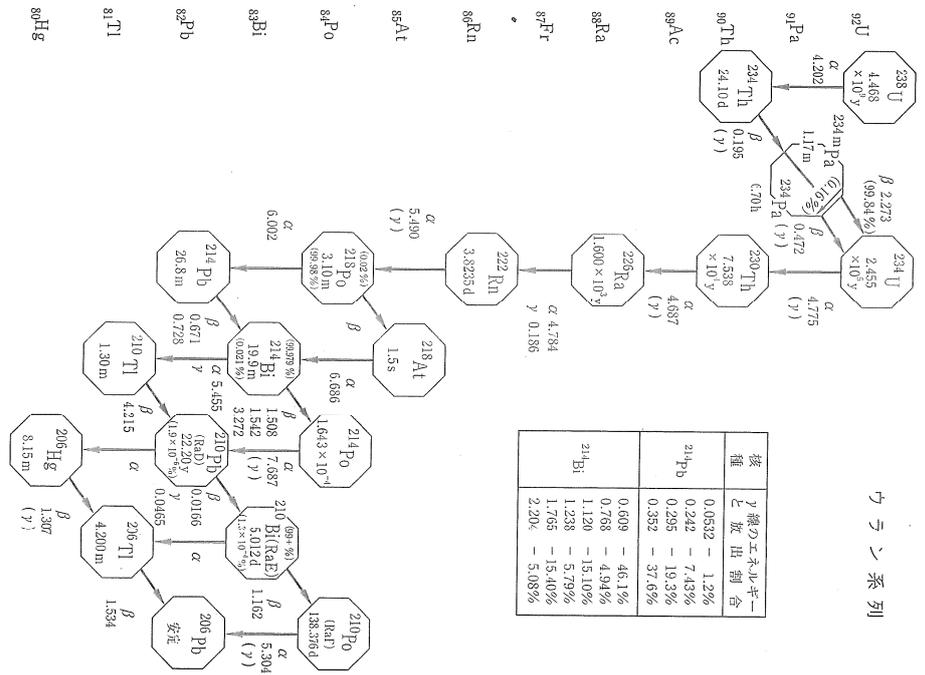
放射性壊変系列

半減期と放射線のエネルギー (MeV) は NUBASE2003(G) Audi et al., Nuclear Physics, A 729, 3-128), ICRP Publication 107(2008) による

トリウム系列

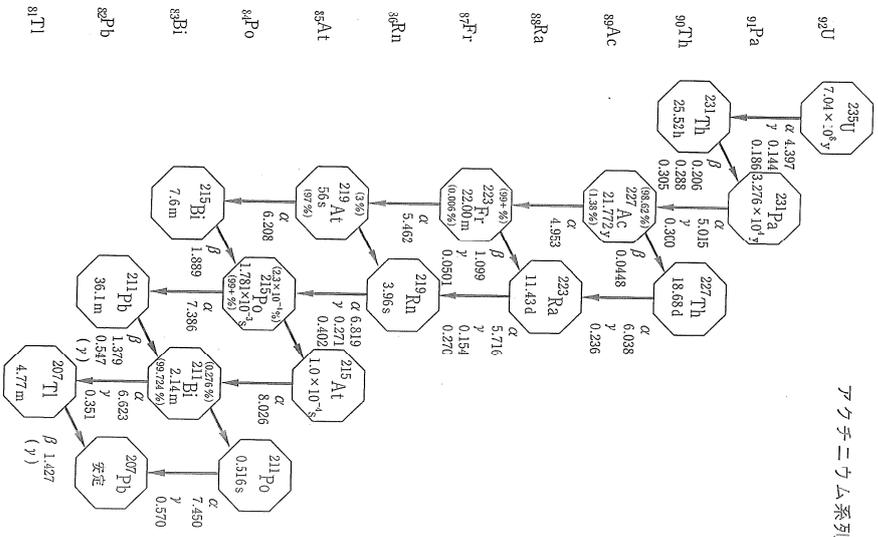


ウラン系列



# 別表2

ラウレンチウム系列



ネプツニウム系列

