

Nuclear poop



適度に怖がりたい人々のために

無名のヒト

むかしむかしでない、少し昔、怪物がこの国にやって来たとき。その頃、ヒトビトは怪物が大量の電気をつくってくれるというので、もてなしたそうナ。

しかし、怪物はヒトビトから忌み嫌われるようになり、どこにいても石を投げつけられる有様でした。怪物は、「トイレを作ってもらえんから、ウンチをしちゃいけないのか？」と悲しくなりました。

ヒトビトは怪物を見るたびに、「お前の糞毒のせいで体の具合が悪くなる。」と口々に言ったそうナ。

ある日、柿太郎という若者が怪物を成敗しにやってきたとき。柿太郎はそのときに怪物の悩みを訊き、トイレを作ってあげました。怪物は喜んで柿太郎に礼をいい、そのトイレに乗って飛んでいったそうナ。

めでたくもあり、めでたくもなし。

・注意事項

このゲンシ物語の原作は、一部の人には知られている。

柿太郎は、桃太郎よりも先に、蛙と蟹と烏（柿太郎に合わせて頭文字が「か」で統一されている）を連れて鬼退治に出かけたそうナ。

この本(Nuclear poop)に書かれている知識程度で柿太郎になったつもりで怪物に立ち向かおうなどと考えてはならない。

原作どおり、返り討ちとなるのがオチである。

餌（燃料）

- ・ BWR（沸騰水型原子炉）

UO_2 : 二酸化ウラン

UO_2 に Gd_2O_3 (ガドリニア)を添加した混合酸化物

化学的な毒性に加えてウランは放射能を持つため内部被曝の原因となる。ヒトの場合、特に腎臓が損傷を受ける。

- ・ PWR（加圧水型原子炉）

低濃縮の二酸化ウラン (UO_2)

- ・ FBR(高速増殖炉)

MOX燃料：プルトニウム ^{239}Pu と、ウラン ^{235}U と、核分裂をほとんど起こさないウラン ^{238}U 。

プルトニウムとその化合物の化学的な毒性は他の一般的な重金属(毒物)と同程度である。

- ・ ATR（新型転換炉）

プルトニウムを添加した低濃縮ウラン。

- ・ その他

GCR（ガス冷却炉）

減速材黒鉛、冷却材 CO_2 を使用する原子炉である。天然ウランを燃料として炉心で加熱された CO_2 により熱交換器で蒸気を発生させてタービンを駆動する形式である。

怪物はかなりの偏食であり、胃袋（原子炉）で核反応を起こして発生した熱によって、その血を蒸発させて心臓（タービン）を動かして発電する。

水

- ・ BWR

減速材、冷却材として軽水（ H_2O ）が使用される。

炉心での核分裂によって発生する熱で軽水が蒸発し、蒸気タービンが駆動される。

蒸気圧力は低く、熱交換器を必要としない。

- ・ PWR

減速材、冷却材として軽水が使用される。

一次冷却水は加圧されて沸騰が抑えられ、熱交換器である蒸気発生器を介して2次冷却水に伝熱され、蒸気タービンが駆動される。

- ・ FBR

減速材を使わず、一次冷却材として低融点金属（Na）が使用される。2次冷却材が水の場合、漏れたNaと反応してNaOHと水素が発生し、水素爆発の危険がある。

- ・ ATR

減速材として重水（ D_2O ：Dは重水素）が使用され、冷却材として軽水が使用される。

- ・ 海水

怪物は大量の海水を飲みこむので、海岸近くに生息する。

大便（放射性廃棄物）

餌の種類が少ないのに対して、排泄物の種類が多いのが特徴的である。
核分裂生成物 F P（Fission Products）は放射性による毒性と化学的な毒性をもつ。

括弧内は質量数と原子番号、元素記号、半減期、崩壊形式

・セレン($^{79}_{34}\text{Se}$ 、29.5万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{79}_{35}\text{Br}$)

微量レベルであれば人体にとって必須元素であり、抗酸化作用がある。必要レベルの倍程度以上で毒性があり摂取し過ぎると危険。

・クリプトン ($^{85}_{36}\text{Kr}$ 、10.8年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{85}_{37}\text{Rb}$)

ガス自体の化学毒性はないが、窒息性がある。

・ストロンチウム ($^{90}_{38}\text{Sr}$ 、28.8年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{90}_{39}\text{Y}$)

十代の若者への遺伝毒性。

・ジルコニウム($^{93}_{40}\text{Zr}$ 、153万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{93}_{41}\text{Nb}$)

火災時に刺激性、腐食性、毒性のガスを発生するおそれがある。

・テクネチウム($^{99}_{43}\text{Tc}$ 、21万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{99}_{44}\text{Ru}$)

毒性はかなり低いとみられている。

・パラジウム($^{107}_{46}\text{Pd}$ 、650万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{107}_{47}\text{Ag}$)

銀歯として使用されるが、金属アレルギーを起こしやすい。

・スズ($^{126}_{50}\text{Sn}$ 、23万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{126}_{51}\text{Sb}$)

急性毒性の症状としては吐き気、嘔吐、下痢など。

・ヨウ素($^{129}_{53}\text{I}$ 、1570万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{129}_{54}\text{Xe}$)

急性ヨウ素中毒の症状は、口、喉、および胃の灼熱感、発熱、吐き気、嘔吐、下痢、弱脈、および昏睡。

・セシウム($^{135}_{55}\text{Cs}$ 、230万年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{135}_{56}\text{Ba}$)

大量のセシウム化合物への曝露は刺激と痙攣を引き起こす。

・サマリウム ($^{151}_{62}\text{Sm}$ 、90年、 β -崩壊 $\Rightarrow^{151}_{63}\text{Eu}$)

銅・亜鉛・鉛などの金属元素に比べるとずっと化学的毒性は低い。

・プルトニウム ($^{239}_{94}\text{Pu}$ 、2.4万年、 α 崩壊 $\Rightarrow^{235}_{92}\text{U}$ 、自発核分裂)

急性毒性による[半数致死量](#)は経口摂取で32 g、吸入摂取で13 mgで、肺での不均等被曝によって発ガン性が極端に高くなる。内部被曝には特に留意すべきである。

怪物の糞のにおい（放射線）を嗅いだり、糞をさわったり、もちろん食べたり、また糞のついたものを食べたりすると有害である。怪物の胃袋（原子炉）から漏れてくる屁（放射線）や、胃袋が爆発して飛散したものも有害である。

放射線による被ばくの種類

- ・ 外部被ばく
身体の外部にある放射線源からの被ばく。
- ・ 内部被ばく
身体の内部にある放射線源から被ばく。
- ・ 全身被ばく
放射線を全身に受けること。
- ・ 部分被ばく（局部被ばく）
放射線を身体の一部に受けること。

同じ線量なら全身被ばくの方が影響の程度は大きくなる。全身被ばくの線量が多いと、全ての組織や臓器に影響が出る可能性がある。

放射線の影響の分類

- ・ 確定的影響
一定量の放射線を受けた場合に現れる影響。
発ガンを除く身体的影響において、しきい線量がある。しきい線量を越える被ばくでないと、影響は発生しない。
しきい線量（閾値）について、ここでもっともらしい値を列挙したところで何の安心感も得られはしない。なぜなら、一般人は線量計を着けて生活しているわけではないからである。
怪物に対する安全が確保されない限り、安心などできない。
- ・ 確率的影響
しきい線量がなく表われる影響（発ガン、遺伝的影響）。放射線を受ける量が多くなるほど、影響が現れる確率が高まる。

- ・ 身体的影響

放射線を受けた当人に現れる影響であり、急性障害と晩発性障害がある。

急性障害は、放射線を受けて数週間以内に起こる障害。

晩発性障害は、放射線を受けて数ヶ月から数年後に起こる障害。

- ・ 遺伝的影響

放射線を受けた人の子どもや孫に現れる影響。

小便（冷却水）

海水が復水器（タービンを回した蒸気を冷やして水に戻す機器）に使用される。

原子力発電の発電効率はせいぜい4割であり、火力発電に比べて低い。つまり取り出したエネルギーの6割は海水を上昇させて海水に溶け込むC O₂の量を減らし、地球温暖化の原因となる。

怪物は海水を飲んで蒸発した血を冷やしてもとに戻すが、尿毒症に罹った場合、尿（冷却水）のにおい（放射線）を嗅いだり、尿をさわったり飲んだり、また尿のついたものを食べたりすると有害である。

2019年8月末日時点で9匹

- ・ 関西電力（株）大飯発電所：2匹（3、4号機）
〒919-2101 福井県 大飯郡 おおい町大島1
- ・ 関西電力（株）高浜発電所：2匹（3、4号機）
〒919-2362 福井県 大飯郡高浜町田ノ浦1
- ・ 四国電力（株）伊方発電所：1匹（3号機）
〒796-0495 愛媛県 西宇和郡伊方町九町3-40-3
- ・ 九州電力（株）玄海原子力発電所：2匹（3、4号機）
〒847-1441 佐賀県 東松浦郡玄海町大字今村浅湖4 1 1 2-1
- ・ 九州電力（株）川内原子力発電所：2匹（1、2号機）
〒895-0132 鹿児島県 薩摩川内市久見崎町1 7 6 5-3

用語（あ段）

- ・ α 線

陽子（proton）2個と中性子（nutron）2個からなる放射線。

- ・ α 崩壊（壊変）

原子番号 Z 、質量数 A の原子が α 線を放出し、原子番号 $Z - 2$ 、質量数 $A - 4$ の原子に変化すること。

- ・ エネルギー準位

原子に特有な、複数のエネルギー状態を表すレベル。

- ・ 親物質

中性子を吸収すると核分裂性物質へ変化する物質。

天然ウランは約 0.7 % の ^{233}U と、残りの ^{238}U を親物質として含む。

用語（か段）

- ・加圧水型軽水炉

軽水を加圧して容器に入れることで沸騰を抑え、蒸気発生器を介して蒸発させた水蒸気をタービンに送り込んで発電するタイプの原子炉。制御棒の炉心への抜き差しによる出力制御と、一次冷却材中のB（ホウ素）濃度を変化させる出力制御が行われる。

- ・海洋投入

放射性廃棄物を海へ沈めて処分すること、海洋投棄ともいう。

ロンドン条約の1996年議定書において、海洋投棄が禁止された。

1972年にロンドン条約の採択（日本は翌年署名、1980年批准）

バーゼル条約により、有害な廃棄物の輸出入は厳しく制限されている。

- ・核子

原子の中心核（原子核）を構成する陽子と中性子。

- ・核種

原子核の中の陽子数、中性子数、エネルギー準位によって規定される原子の種類。

- ・核反応

核分裂反応と、核融合反応がある。

- ・核分裂性物質

熱中性子を吸収して核分裂を起こす物質。

^{233}U 、 ^{235}U 、 ^{239}Pu 、 ^{241}Pu

$^{233}_{92}\text{U}$ は中性子を吸収して $^{236}_{92}\text{U}$ となる。そのうちの約16%の $^{236}_{92}\text{U}$ が γ 線を放射して安定な $^{236}_{92}\text{U}$ となり、残りの約84%の $^{236}_{92}\text{U}$ は核分裂を起こしてエネルギーを発生し、核分裂生成物と中性子となる。

- ・核分裂生成物

核分裂により生成される、300種類以上の物質。

- ・可燃性毒物

核燃料の燃焼に伴って燃料の燃焼や核分裂生成物の蓄積による反応度が低下することを補償する中性子吸収性毒物。ホウ素、サマリウム、ハフニウム、ガドリニウムがある。

- ・ガラス固化体

高レベル放射性廃棄物をホウケイ酸ガラスとともに融解し、ステンレス製キャニスター（容器）へ注入して固化させた固体物。

- ・ γ 線

X線よりも波長の短い、高エネルギーの電磁波。

- ・ γ 崩壊

原子が γ 線を放射して、エネルギーの低い状態に変化すること。原子番号と質量数は変わらない。

- ・ グレイ（Gy）

吸収線量の単位。放射線および物質の種類に関係なく吸収されたエネルギーで放射線の量を表す。

1グレイは1 kg当たり1J（ジュール）エネルギーを与える量である。

- ・ 軽水

1 酸化 2 水素のことで、水素の燃えカス。

- ・ 減速材

核分裂によって生じた高速中性子を熱中性子へと減速させるために用いられる材料。

質量数が小さく、中性子を散乱しやすく（散乱断面積が大きく）、吸収しにくい（吸収断面積が小さい）物質として、軽水や重水、黒鉛、Be（ベリリウム）が使用される。

- ・ 原子番号

原子核中の陽子の数であり、慣習上、元素記号の左下に表記される。

用語（さ段）

- ・質量数

原子核を構成する核子の数であり、慣習上、元素記号の左上に表記される。

寿命が長い元素には、metastable（[準安定状態](#)）を意味する文字"m"が質量数に付記される。核異性体（原子核の[エネルギー状態が異なる元素](#)）が3つ以上あるときは、寿命が短いものから順にm1、m2、m3、・・・と表記される。

- ・使用済燃料貯蔵プール

使用済燃料を貯蔵、保管するための水槽。

- ・シーベルト（Sv）

等価線量の単位であり、放射線の種類やエネルギーにより人体組織にどの程度影響を与えるかで放射線の量を表す。

実効線量の単位としても使われ、個人線量管理では各人が受ける総合的な影響の度合いを表す。

- ・重水

1 酸化 2 重水素。

重水素は 1 個の陽子と 1 個の中性子、1 個の電子から構成される。

- ・A T R（新型転換炉）

^{238}U を ^{239}Pu に変換しながら運転される、重水素減速で軽水冷却の原子炉。

- ・制御材

核反応を低下させる材料。

中性子の吸収が大きい物質として、C d（カドミウム）、B（ホウ素）、H f（ハフニウム）が使用される。

- ・制御棒

円柱形状の制御材。

ボロンステンレス鋼、ボロンカーバイド、A g（銀）－I n（インジウム）－C d（カドミウム）合金などをステンレス鋼で被覆した棒状部材として使用される。

用語（た段）

- ・ 地層処分

地下深部の地層（地下300mより深い地層）に高レベル放射性廃棄物を埋設し、人間の生活環境に影響を及ぼさないように長期にわたって隔離すること。

- ・ 中性子

原子核を構成する核子で電荷をもたない。

- ・ 電子

原子を構成し、負電荷を有する軽粒子（レプトン）。

- ・ 同位体

同一の原子番号をもち、中性子数が異なる核種の関係。同位元素とも呼ばれる。
放射性同位体は、放射能を有する同位体。

安定同位体は、放射能をもたない同位体。

- ・ TRU（Trans-uranium）核種

ウラン(原子番号92)よりも原子番号が大きい核種の総称。
ネプツニウム(Np)、プル トニウム(Pu)など。

TRU廃棄物には、 α 核種濃度が高く、浅地中コンクリートピット 処分、余裕深度処分を適用できない物質が存在する。

- ・ トリチウム

陽子1つ、中性子2つ、電子1つからなる、水素の放射性同位体であり、半減期12.32年で ^3He へ β 崩壊する。

用語（な段）

- ・ 熱中性子

エネルギーが減速材の原子核の熱運動エネルギーと平衡した状態の中性子。

- ・ 濃縮ウラン

^{233}U の含有率を天然ウランよりも高くしたウラン。

高濃縮ウラン：濃縮度 90 % 以上

低濃縮ウラン：濃縮度 2 ～ 4 %

用語（は段）

・半減期

放射性原子核が時間経過につれて崩壊し、その量 N が初期値 N_0 の2分の1にまで減少するときの時間 T 。

N の単位時間 dt あたりの減少量である、 $-dN/dt$ は N に比例し、比例係数（崩壊定数）を λ として、 $dN/dt = -\lambda N$ より $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$

$$N/N_0 = 1/2 = \exp(-\lambda T) \quad \text{よって } T = \ln 2 / \lambda \doteq 0.693 / \lambda$$

・半数致死量

物質の急性毒性の指標であり、投与した動物の半数が死亡する用量。

LD₅₀ : Lethal Dose, 50%

・ベクレル（Bq）

放射性物質の量の単位であり、放射性物質が放射線を出す能力を表す。

1ベクレルは1秒間に1回の壊変。

・ β 線

電子（electron）からなる放射線。

・ β 崩壊（壊変）

原子番号 Z 、質量数 A の原子が β 線を放出し、原子番号 $Z + 1$ 、質量数 A の原子に変化すること。

・反射材

炉心の外側に設けられ、炉心から漏れてくる中性子を炉内へ戻すために用いられる材料。

中性子の吸収断面積が小さく、散乱断面積の大きな物質として、軽水、重水、黒鉛、Be（ベリリウム）が使用される。

・沸騰水型軽水炉

炉心で発生する熱によって蒸発した水蒸気をタービンに送り込んで発電するタイプの、軽水減速および冷却の原子炉。制御棒の炉心への抜き差しによる出力制御と、軽水の流量を再循環ポンプによって変化させる出力制御が行われる。

・放出エネルギー

核分裂の際に放出されるエネルギー E （単位：ジュール）は、質量減少分（質量欠損）を Δm に比例する。

$$E = \Delta m \cdot c^2 \quad : \text{光速 } c \text{ は約 } 30 \text{ 万 km/s}$$

- ・ 放射性廃棄物

使用済みの放射性物質及び放射性物質で汚染された物質であり、以後の使用の予定が無く廃棄される。

高レベル放射性廃棄物

使用済み核燃料の再処理廃液及びそのガラス固化体。

低レベル放射性廃棄物

原子力発電所の運転などに伴って発生する放射能レベルの低い物質。

- ・ 放射能

物質が放射線を放出する能力。

- ・ 放射線

粒子線（ α 線、 β 線、中性子線、陽子線、重イオン線、中間子線など）と、高エネルギーの電磁放射線（ γ 線とX線）の総称。

用語（ま段）

- ・マイナーアクチニド

アクチニド（原子番号89から103：アクチニウムからローレンシウムまでの15元素の総称）に属する超ウラン元素のうちプルトニウムを除いた元素。

用語（や段）

- ・ 誘導放射能

物質に放射線を照射したときに放射化によって生じる放射能のこと。

- ・ 陽子

原子核を構成する核子で正電荷を有する。

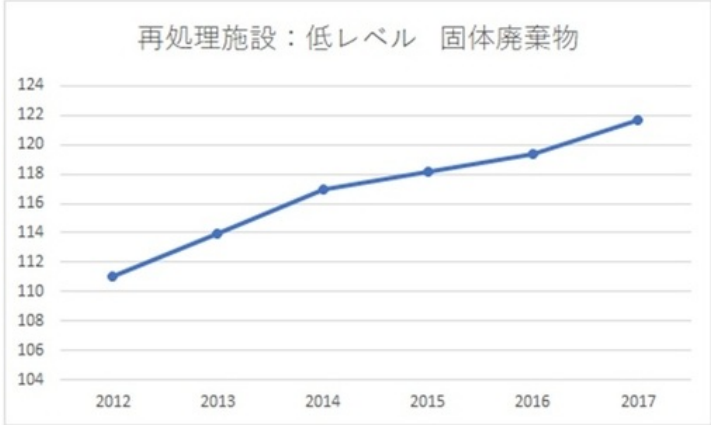
用語（ら段）

- ・ 冷却材

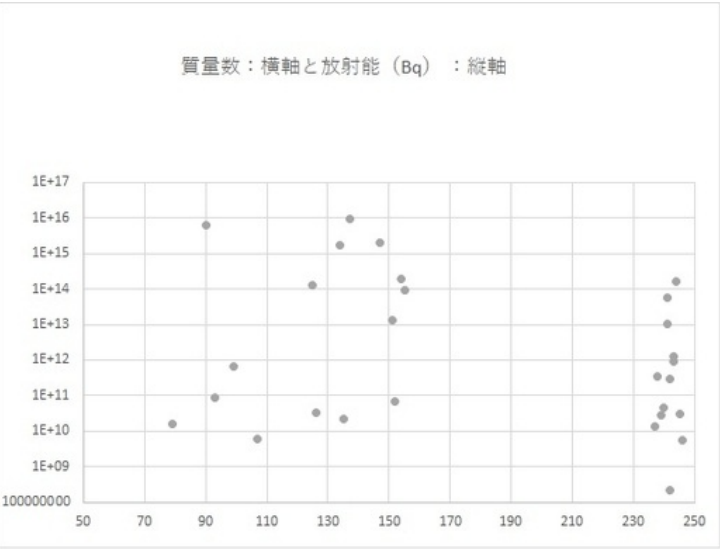
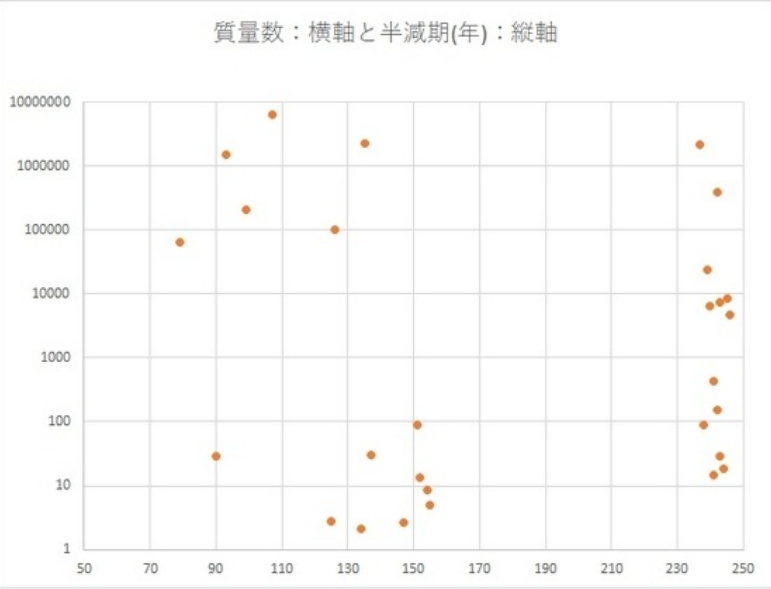
原子炉で発生した熱を、原子炉の外部へ逃がすために用いる材料。

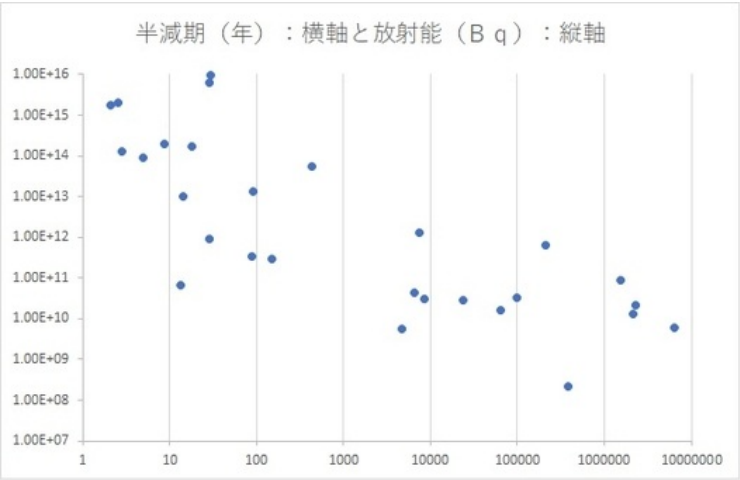
中性子の吸収が少なく、比熱や熱伝導率および熱伝達率が大きく、誘導放射能の少ないことや原子炉の構成材料と反応しないことが要求され、軽水、重水、 CO_2 、 He 、液体金属 Na が使用される。

放射性固体廃棄物の保管量



放射性固体 廃棄物の保 管量 単位：1000 本（1本＝ 200リッ トル）						
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
実用発電用 原子炉施設	673	672.4	675	679.6	683.3	687.7
再処理施設 ：低レベ ル 固体	111	113.9	117	118.2	119.4	121.7
再処理施設 ：高レベ ル 固化	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8
合計	790.6	792.9	798.7	804.5	809.5	816.2





冷却期間 5 年の PWR 使用済燃料 1t 当りの放射性核種と放射能

元素記号	質量数	半減期(年)	放射能（Bq）
Sr	90	29.1	6.41E+15
Y			
Sb	125	2.8	1.32E+14
Te			
Cs	134	2.1	1.74E+15
Cs	137	30	9.32E+15
Ba			
Pm	147	2.6	1.97E+15
Sm	151	90	1.38E+13
Eu	152	13.6	6.85E+10
Eu	154	8.6	1.94E+14
Eu	155	5	8.99E+13
Se	79	6.50E+04	1.59E+10
Tc	99	2.13E+05	6.59E+11
Sn	126	1.00E+05	3.22E+10
Zr	93	1.53E+06	8.95E+10
Pd	107	6.50E+06	5.96E+09
Cs	135	2.30E+06	2.22E+10
Pu	238	87.8	3.39E+11
Pu	241	14.4	1.01E+13
Cm	243	28.5	8.95E+11
Cm	244	18.1	1.67E+14
Am	241	432	5.52E+13
Am	242	152	2.86E+11
Pu	240	6540	4.51E+10
Am	243	7380	1.26E+12
Cm	245	8500	3.13E+10
Cm	246	4730	5.81E+09
Pu	239	2.41E+04	2.78E+10
Pu	242	3.87E+05	2.18E+08
Np	237	2.14E+06	1.32E+10

Nuclear poop

<http://p.booklog.jp/book/125296>

著者：無名のヒト

著者プロフィール：<http://p.booklog.jp/users/p-pricure/profile>

感想はこちらのコメントへ

<http://p.booklog.jp/book/125296>

電子書籍プラットフォーム：パプー (<http://p.booklog.jp/>)

運営会社：株式会社トゥ・ディファクト