

問題2 以下の文章は『放射性物質の正体』（山田克哉著、PHPサイエンス・ワールド新書、2012年発行）より抜粋、一部改変したものである。文章を読んで、後の問1～14に答えなさい。

放射線が原子や分子に作用するとそれらの状態が変わってしまい、元の状態を保てなくなってしまう。これが細胞分裂に異常を来す原因となる。

原子レベルでのエネルギーと核レベルでのエネルギー

まず原子の構造を再現してみる（図5-1）。

量子力学*1を使わずに原子のエネルギーと核のエネルギーの説明をしよう。

1 原子のエネルギー 原子のエネルギーと言った場合には、核の外側を回っている電子のエネルギーのことを言い、核のエネルギーを全く度外視している。電子はマイナスに帯電しており、また核はプラスに帯電している。したがって核の周りを回っているすべての電子は電気引力によって絶えず核に引き付けられている。電子を核の周りに常に引き付けておくためには、エネルギーを要する。このエネルギーを「ポテンシャル・エネルギー」という。また電子は核の周りを運動しているので個々の電子は「運動エネルギー」も持っている。結局原子のエネルギーというのは、電子が核に引き付けられている

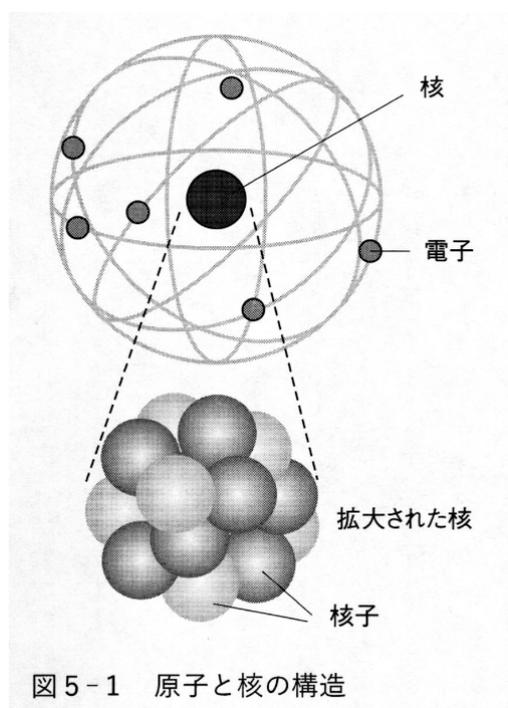


図5-1 原子と核の構造

*1 量子力学：一般相対性理論と共に現代物理学の根幹を成す理論として知られ、主として分子や原子、あるいはそれを構成する電子など、微視的な物理現象を記述する力学である。

ことに(1) キインする「ポテンシャル・エネルギー」と電子の運動にキインする「運動エネルギー」との和になる。原子のエネルギーの量は原子の種類にもよるが、せいぜい 100 電子ボルト*2 ぐらいである。結局原子のエネルギーは電気エネルギーである。もっと詳しく言うと原子のエネルギーというのは、核の周りを回っている電子を電気引力に逆らって全部もぎ取ってしまっ、核を裸にしてしまうのに要するエネルギーのことで、水素原子が最小で 13.6 電子ボルトである。電気引力に逆らって核の周りの電子を全部取ってしまうのに必要な最低エネルギーのことを「原子の結合エネルギー」という。

2 **核のエネルギー** 核を構成している粒子には 2 種類ある。陽子と中性子*3 であるが、これらを総称して「核子」ということはすでに話した。核子を強く結びつけているのは核子間に働く「核力」である。核力は隣接する核子にしか作用しないような「至近力」であるが、電気力よりも 100 倍強い。つまり核内では核子が電気力よりも 100 倍強い核力でガッチリと結び付けられている。核の周りを回っている電子たちは電気引力によって核に引き付けられているが、核内ですべての核子を結び付けている核力引力のほうが電気引力よりも 100 倍も強い。これは力の強さの比較であるが、エネルギーの比較になると、さらに差が大きくなる。概算しただけでも、外部からエネルギーを核に与えて核をバラバラにして単独の核子にするのに必要なエネルギーは、核の周りを回っている電子を全部取ってしまうのに必要なエネルギーよりも 100 万倍も大きい！ 核をバラバラにするのに要求される最低のエネルギーは「核の結合エネルギー」というが、核の結合エネルギーは (A) 100 万電子ボルト以上である。これが核のエネルギーというものであるが、原子のエネルギーと同じく、核のエネルギーは核の中に蓄えられているエネルギーということにもなる。

核エネルギーは電気エネルギーの 100 万倍も大きいのである。したがって電気力によって核を壊すなどとは、できる相談ではない。すべての化学反応は核の周りを回る電子たちの作用によって起こるのであり、したがってすべての化学反応がもたらすエネルギーは電気エネルギーである。つまり、核分裂に代表される核反応がもたらすエネルギーは化学反応がもたらすエネルギーの 100 万倍となる。ちなみに一回の核分裂から放出されるエネルギーは 2 億電子ボルトである（一回の化学反応から出るエネルギーはわずか数電子ボルト）。石炭や石油の燃焼は 100%化学反応である。ウラン 1 グラムが燃えると（核分裂を起こすと）石油 2000 リットル、石炭 3 トン分のエネルギーが出る。

アルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子線などの放射線は核から出るものであるから、当然放射線も、核エネルギーの一部を担って放出されるので放射線粒子の持つエネルギーは大きい。これも放射性物質の扱いを厄介にする原因の一つとなっている。

*2 電子ボルト：エレクトロンボルトともいう。素粒子、原子核、原子、分子などのエネルギーを表わす実用単位。記号は eV。

*3 中性子：質量は陽子と同じくらいであり、電氣的に中性で電荷を有していない。

細胞とは何か？

筆者は生物学者ではないので、細胞について詳しく説明することはできないが、必要最小限のことだけを述べておく。人体を含めてすべての物質は (2) ボウダイ な数の原子が寄り集まって構成されている。しかしである。生物としての性格を帯びた最小単位は原子ではなく「細胞」である。どの原子にも生物体の性格など微塵もない。細胞は原子よりもはるかに大きく、はるかに複雑である。(B) 一人の間には約 60 兆個の細胞があると言われている。さらに 1 個の細胞は 10^{15} 個ほどの原子からできている。細胞の中心には核があり、その核に (C) DNA 分子が入っているのである。DNA には遺伝情報が刻み込まれている。また染色体は DNA が重なってできている。また細胞には液体が入っており、それは水分子でできている。

原子は生きていても死んでいても言えないが、生きている生物体の細胞は生きています。生きている細胞とはどういう意味か？ 生きている細胞は必ず (D) 「細胞分裂」 をし、分裂によって細胞の数が増えていく（細胞増殖）。細胞分裂によって新しくできた細胞はその親の細胞と同じである。つまり分裂によって同じ細胞のコピーができる。これを細胞の「自己複製能力」と言う。「細胞が生きています」とはこのようなことである。

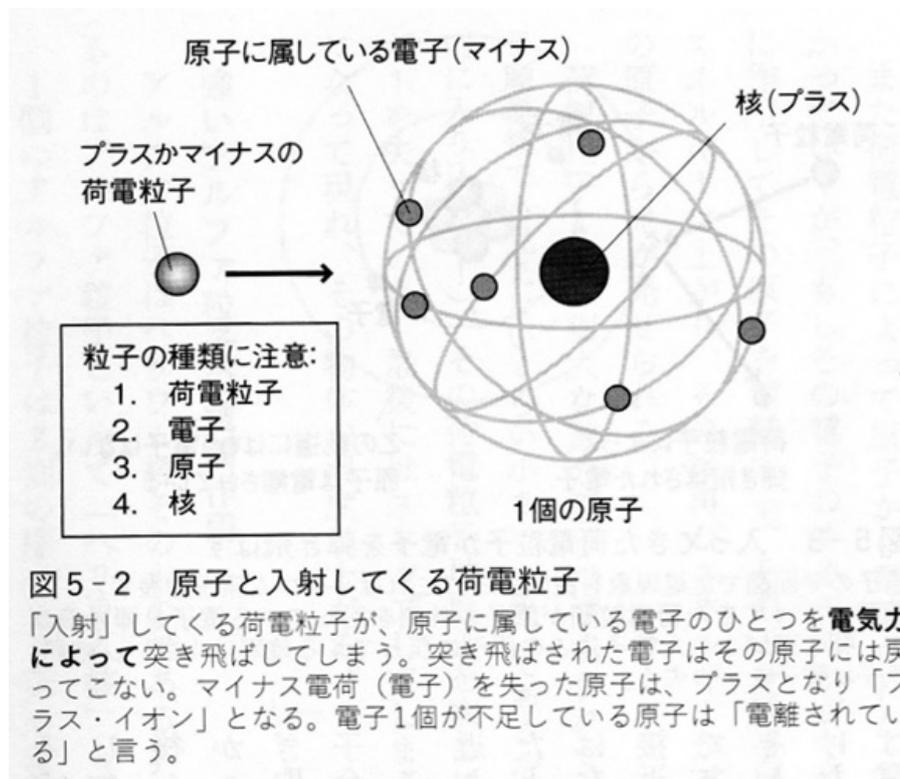
(あ)

核分裂片からなる放射性物質から放射される放射線粒子には、ほとんど (E) アルファ粒子 は存在していない。核分裂片から出る放射線粒子は主に中性子、電子、そしてガンマ光子である。アルファ粒子を放出するのはまだ核分裂を起こしていないウラン 235、プルトニウム 239、熱中性子を吸収しても核分裂を起こさないウラン 238、など重い原子核である。しかしこれらの重い核がアルファ崩壊する (F) 半減期 は何万年とか何億年とかいう途方もない年月であるので、(G) 放射能 はきわめて弱い（しかしエネルギーは大きい）。福島第一原子力発電所ではメルトダウンが起きているので、外部にウランやプルトニウムも漏れ出ている可能性もある。そこで放射線粒子には、アルファ線も考慮に入れることにする。アルファ線を構成する粒子はアルファ粒子で、それはヘリウム原子の核そのものである。

放射線が放出されるということは放射線粒子が勢いよく動いていることを意味している。ガンマ光子などは光速度で走る。当然と言えば当然なのだが、放射性物質から出る放射線粒子は静止していることはない。放射線粒子が動いているということはすべての放射線粒子は（運動）エネルギーを持っているということである。そのエネルギーの元は、核内に蓄えられているエネルギーである。

(い)

荷電粒子とは (H) 電荷 をもつ粒子のことである。すなわちプラスかマイナスかのどちらかの電気を帯びている粒子である。荷電粒子の代表的なものは、電子（マイナス電荷）、陽子（プラス電荷）、アルファ粒子（プラス電荷）、などである。これらの荷電粒子が物体を構成している原子に近づくと、何が起

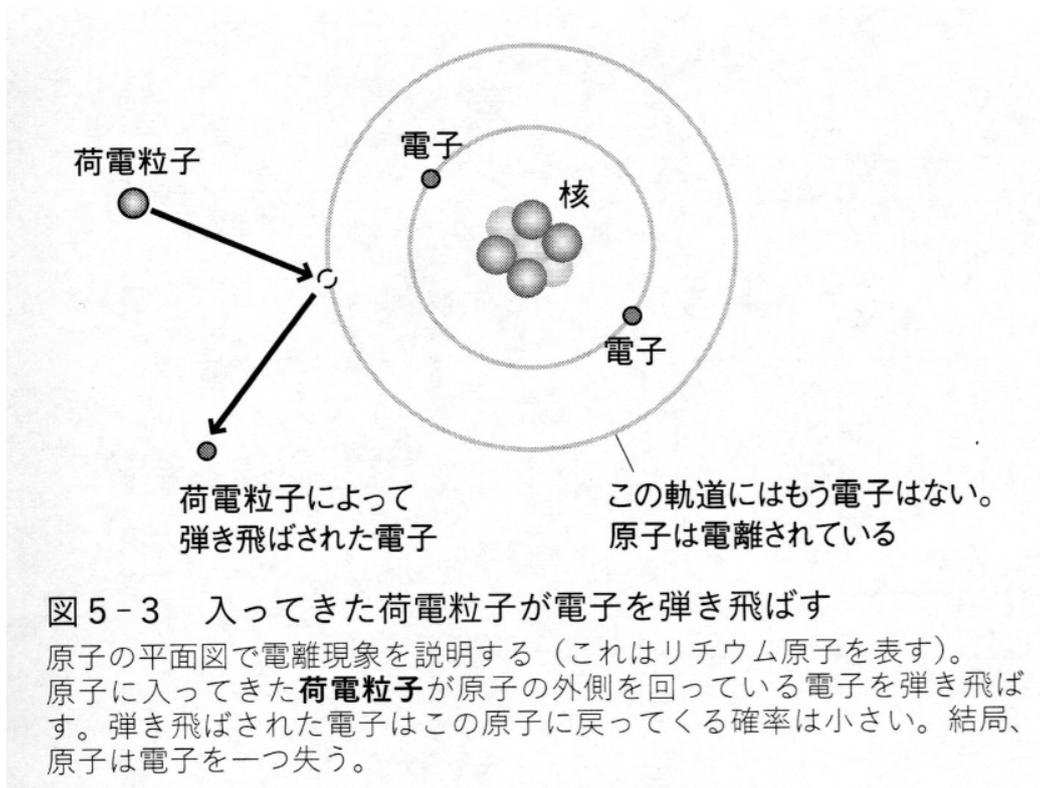


こののであろうか？

原子はマイナス電荷をもつ電子と、プラス電荷をもつ核からできている。核自身はいくつかの陽子といくつかの中性子とから構成されているが、今は核を1個のプラスの粒子として扱う。すると1個の原子はマイナスの電荷とプラスの電荷とから構成されていることになる。ここで念のために繰り返すが「電荷 (electric charge)」とは電気の量のことで、これこそが電気の「大元締め」である。

1個の原子で、全部の電子の電荷と核の電荷とは全く等しいので、原子1個全体の電荷はプラスとマイナスが相殺されてゼロである。原子全体は電氣的に中性である。このような原子のもとへ、図5-2に描かれているように外部から荷電粒子が近づいてきたら、何が起こるのだろうか？ まず原子に接近してきた荷電粒子は接触前に核の周りを回っている電子の存在に「気がつく」。なぜなら電荷と電荷の間にはたとえ接触がなくとも、電気力が働く。この電気力は接近してきた荷電粒子と、原子内のすべての電子および核との間に作用する。原子内のすべての電子(マイナス)は、その中心のプラスの核に電気力によって引き付けられているが、この引き付けられる力は原子の内側の電子ほど強く、外側の電子ほど弱い。

だから原子の外部から荷電粒子が原子に接近してくると、原子の一番外側を回っている電子は荷電粒子から受ける電気力によって、原子から(接触することなく)弾き飛ばされてしまい、その電子はもうこの原子に属さなくなってしまう(図5-3、次頁)。電子を弾き飛ばした後、荷電粒子も弾き飛ばされた電子もどこかへ行って別の原子にぶつかる。電子をもぎ取られた原子は1個の電子が不足し、原子全体



の正味の電荷はプラスとなる。

このようなことが起きたとき、原子は接近してきた荷電粒子によって「電離」されたという。電離された原子はもはや中性ではなくプラスに帯電している。結局原子に接近してくる **(1) 荷電粒子は原子を電離する**のである。電離は 100%電気現象である。そしてこの「電離現象」こそが細胞を傷つけたり壊したりするのである。つまり細胞は電気によって壊される！

また荷電粒子によって原子から電離された（素っ飛ばされた）電子も他の原子にぶつかっていくが、もしその電子のエネルギーが十分に大きいと、他の原子の電子に電氣的に作用してその原子を電離する。そのとき原子はその電子のエネルギーを吸収し原子のエネルギーは上がり、その後再びエネルギーが下がるのでエネルギーが下がるときにその原子から光が発せられる。

荷電粒子1個が **(2) ボウダイ**な数の原子で構成されている物体に入り込んでくると（原子は電子**ケンビキョウ**でも見えないくらい小さい「粒」であるから、原子より小さな荷電粒子など楽々物体内に入り込める！）、その荷電粒子は原子を次々に電離していくことによってそのエネルギーを失っていき、最後にはストップしてしまう。その失ったエネルギーの大部分は熱になって現れ、その物体の温度は上がる。

山田克哉『放射性物質の正体』PHPサイエンス・ワールド新書、2012年より抜粋、一部改変

【問1】本文中の下線部（1）～（3）と同じ漢字を含むものを、a～eより1つずつ選びなさい。

（1）キイン

- a. キシユツ問題
- b. 蒸気キカンシャ
- c. 全員キリツして迎える
- d. キカン限定のアルバイト
- e. 無事、キロにつきました

解答番号[19]

（2）ボウダイ

- a. ニュウボウ
- b. ボウカ水槽
- c. 体シボウの計測
- d. 資金がケツボウする
- e. 体積がボウチョウした

解答番号[20]

（3）ケンビキョウ

- a. ケンコウ診断
- b. ケンシン的
- c. ケンチョな例
- d. タイケンする
- e. ケンキュウする

解答番号[21]

【問2】本文中の（あ）にあてはまる最も適切な見出しはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 重い原子核
- b. 核分裂とは何か
- c. ウランとプルトニウム
- d. メルトダウンと再臨界
- e. 放射線粒子は静止していない

解答番号[22]

【問3】本文中の（い）にあてはまる最も適切な見出しはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 原子は中性
- b. 電気の大元締め
- c. 荷電粒子の電荷
- d. プラスとマイナス
- e. 荷電粒子の電離作用

解答番号[23]

【問4】本文中の下線部（A）を、接頭辞を使って表記したとき正しいのはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 1 GeV 〈ギガ電子ボルト〉
- b. 1 keV 〈キロ電子ボルト〉
- c. 1 MeV 〈メガ電子ボルト〉
- d. 1 meV 〈ミリ電子ボルト〉
- e. 1 neV 〈ナノ電子ボルト〉

解答番号[24]

【問5】電気エネルギーをつくる身近なものとして発電があるが、化石燃料による発電でないのはどれか。a～eより2つ選びなさい。

- a. 原子力発電
- b. 太陽光発電
- c. 石炭火力発電
- d. 石油火力発電
- e. 液化天然ガス火力発電

解答番号[25]

【問6】著者が述べる原子のエネルギーと核のエネルギーについて、誤っているのはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 核力は電気力より100倍強い。
- b. 原子のエネルギーは電気エネルギーである。
- c. 核のエネルギーは原子のエネルギーより100倍強い。
- d. 核をバラバラにするのに必要なエネルギーを「核の結合エネルギー」という。
- e. 核の周りの電子を全部取ってしまうのに必要なエネルギーを「原子の結合エネルギー」という。

解答番号[26]

【問7】本文中の下線部（B）から、一人の人間に含まれる原子の個数に最も近いのはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 1.6×10^{15}
- b. 1.6×10^{16}
- c. 6×10^{17}
- d. 6×10^{28}
- e. 6×10^{195}

解答番号[27]

【問8】本文中の下線部（C）の「DNA」に関して、ヒトの体細胞のDNAの長さを合計して1.8[m]（メートル）としたとき、ヒトの染色体1本あたりのDNAの平均の長さ[cm]に最も近いのはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 1
- b. 4
- c. 10
- d. 16
- e. 40

解答番号[28]

【問9】本文中の下線部（D）の「細胞分裂」に関して、誤っているのはどれか。a～eより1つ選びなさい。

- a. 細胞には生殖細胞と体細胞がある。
- b. 細胞分裂では核より細胞質が最初に分かれる。
- c. 体細胞分裂では染色体の数がもとの細胞と同じになる。
- d. 1つの細胞が2つの細胞に分かれることを細胞分裂という。
- e. 染色体の数がもとの細胞の半分になる分裂を減数分裂という。

解答番号[29]

【問 10】本文中の下線部（E）に関して、核がアルファ粒子に等しい元素はどれか。a～e より 1 つ選びなさい。

- a. 水素
- b. ヘリウム
- c. ベリリウム
- d. アルミニウム
- e. プルトニウム

解答番号 [30]

【問 11】本文中の下線部（F）の半減期は、放射能が半分に減少する時間のことである。ある放射性物質の放射能を測定したところ 1 時間後に始めの $1/8$ となったとき、この放射性物質の半減期で正しいのはどれか。a～e より 1 つ選びなさい。

- a. 10 分
- b. 20 分
- c. 30 分
- d. 40 分
- e. 50 分

解答番号 [31]

【問 12】本文中の下線部（G）の放射能の説明で正しいのはどれか。a～e より 1 つ選びなさい。

- a. 放射性物質の質量
- b. 放射線のエネルギー
- c. 放射線粒子の質量
- d. 放射線が物質を透過する能力
- e. 放射性物質が放射線を出す能力

解答番号 [32]

【問 13】本文中の下線部（H）に関して、水素核と同符号で同電荷をもつのはどれか。a～e より 1 つ選
びなさい。

- a. 陽子
- b. 電子
- c. 中性子
- d. ヘリウム核
- e. アルファ粒子

解答番号 [33]

【問 14】本文中の下線部（I）の荷電粒子による電離の説明として最も適切なのはどれか。a～e より 1
つ選びなさい。

- a. 核を弾き飛ばす現象
- b. 核から電子を放出する現象
- c. 核の電荷がマイナスになる現象
- d. 原子の電荷がマイナスになる現象
- e. 核の周りの電子を原子の外に弾き飛ばす現象

解答番号 [34]

正解

解答番号	正解
19	c
20	e
21	c
22	e
23	e
24	c
25	a b
26	c
27	d
28	b
29	b
30	b
31	b
32	e
33	a
34	e