



やさしい 放射線とアイソトープ

公益社団法人
日本アイソトープ協会
Japan Radioisotope Association

序 文

本書「やさしい放射線とアイソトープ」の初版が出版されたのは昭和61（1986）年3月です。その後、少しずつ編集・執筆の先生方が交代しながら版を重ね、すでに40年になります。放射線は、当時からすでに非破壊検査、医療品などの滅菌、核医学診断、内用療法など幅広く利用されていましたが、その後も利用は目覚ましく拡大してきました。工業分野においては半導体製造が半分以上を占めるようになり、飲料容器の滅菌にも使われるなど、日常生活に欠かせないものとなっています。医学分野においても、PET装置はがんをはじめとしてさまざまな疾患の診断に使われるようになり、内用療法においてもアルファ線放出核種まで用いて幅広い治療が行われるようになってきました。

本書は、読者として次のような方々を想定しています。

これから放射線や放射性同位元素の取扱いを始めようとする人
消防署、警察署、自治体で放射線と関わりのある人
生徒に放射線について教える必要のある学校の先生
放射線について勉強したい一般の人

そのため、原子、原子核の解説をはじめとする放射線の基礎から、さまざまな分野における最新の利用、安全な取扱いと管理までを取り上げています。また学校の先生が授業で使えるように、イラストをダウンロードできるようにしています。

本書が、多くの方々にとって、放射線の正しい理解に役立つことを願っています。

2026年2月

上 蓑 義 朋

目 次

はじめに

I 放射線とラジオアイソトープの基礎

1. 原子の構造	1
2. 原子核の構造	3
3. アイソトープ	4
4. ラジオアイソトープと放射能	6
5. 壊変の形式	7
6. 放射能の単位ベクレル	13
7. ラジオアイソトープの半減期	14
8. X線	15
9. 加速器	18
10. 放射線の種類	20
11. α 壊変や β 壊変と核分裂の違い	22
12. 放射線と物質との相互作用	23
13. 放射線に関する単位	31
14. 放射能と線量率	34
15. 身のまわりの放射線	35

II 放射線とラジオアイソトープ (RI) の利用

1. 利用方法の分類	39
2. 身近にある放射線利用製品	43
3. 放射線照射の産業への利用	44

4. ラジオグラフィと工業計測	52
5. 放射線を利用する分析	55
6. 医療	60
7. 医療にかかわる基礎研究	71
8. 農業・水産業	75
9. 年代測定	80

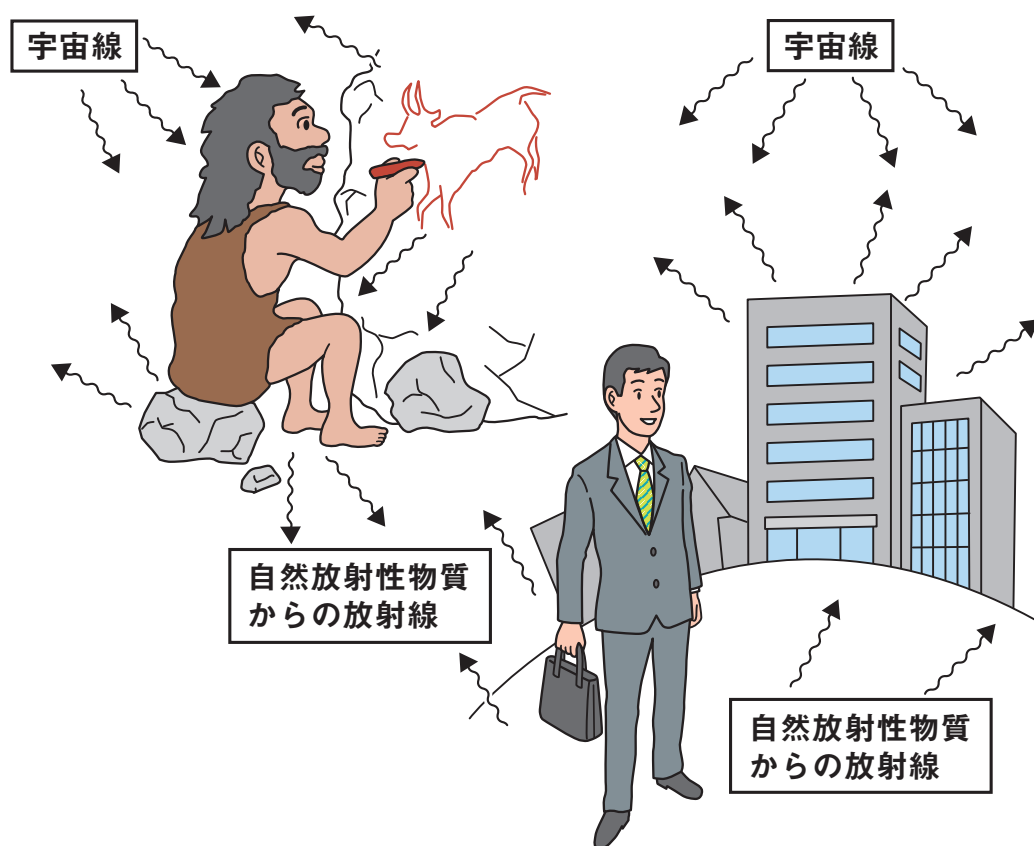
Ⅲ 放射線の人体への影響と防護およびラジオアイソトープ (RI) の安全管理

1. 放射線の人体への影響とその分類	85
2. 急性影響	87
3. 晩発影響	88
4. 遺伝性影響	90
5. 被ばく線量による影響のあらわれ方	91
6. 外部被ばくと内部被ばく	94
7. 外部被ばくに対する防護	96
8. 内部被ばくに対する防護	98
9. 放射線測定器の活用	103
10. 放射線防護の基準	107
11. 許可, 届出, 検査	112
12. 法的義務	115
13. RI の運搬	122
14. 放射線事故対策	124
15. RI 廃棄物	128
索引	129
講義で使える素材集・QR 動画コンテンツ	133

はじめに

自然界には、地球の外から降りそそいでいる宇宙線、ウランやトリウムなどの自然放射性物質から出る放射線などの自然放射線がある。自然放射性物質は、空気、水、大地、建築材料あるいは人体をはじめとして一般の生物中にも大なり小なり含まれている。人類は太古からこのような放射線のある環境の中で生存し、進化してきたのである。人類が自然放射線の存在に気付かなかったのは、放射線は目に見えず、耳に聞こえず、触れてもわからず、味も臭いもなく、五官に感じないからである。

1895年にレントゲンがエックス線を、1896年にベクレルがウランからの放射線を、続いて1898年にキュリー夫妻がラジウムを発見するにおよんで、人類ははじめて放射線や放射能の存在を知った。それ以来、この分野の科学および技術は目覚ましい進歩を遂げてきた。



図表 - 自然放射線

自然放射線は、いつでも、どこでも存在する。

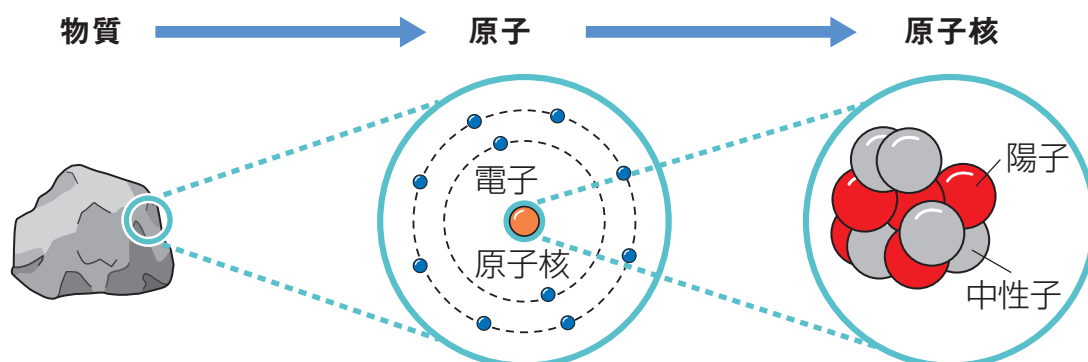
放射線と ラジオアイソトープの基礎

1 原子の構造

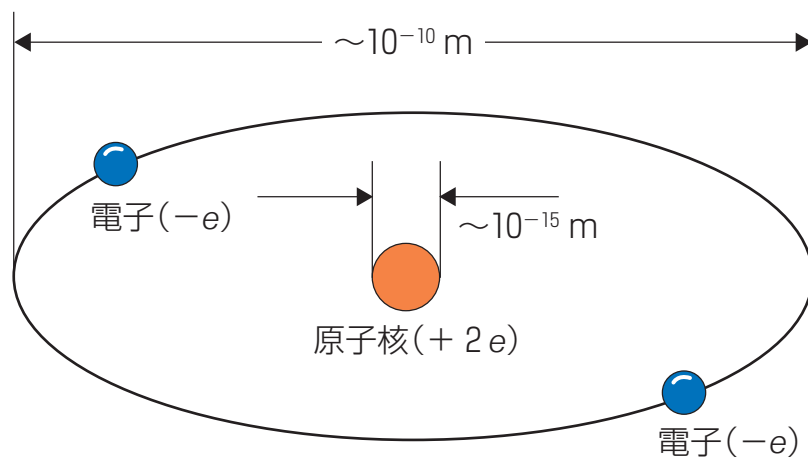
原子の構造は太陽系に似ている。

すべての物質は**原子**が集まってできている。原子の中心には正の電気をもった**原子核**があり（図表 I-1），そのまわりに負の電気をもったいくつかの**電子**がそれぞれ定まった**軌道**の上をまわっている（図表 I-2）。これらの電子を**軌道電子**という。このような原子のモデルは，太陽を中心に惑星が定まった軌道の上を運行している太陽系を連想させる。原子核の正の電気量と軌道電子全体のもつ負の電気量はつり合って，原子は通常は電氣的に中性である。

放射線などにより，原子に外からエネルギーが与えられて，軌道電子が原子の外に追い出され，原子が正の電気をもった**陽イオン**と原子核に束縛されない自由電子とに分離することを**電離**^{でんり}という。また原子にエネルギーが与えられて，原子核に近い内側の軌道にある電子が，原子核から遠い外側の軌道に移り，もとの軌道に空席ができるとき，原子は**励起**^{れいき}されたという（図表 I-3）。原子核の直径は $10^{-15} \sim 10^{-14} \text{ m}$ （1,000 兆分の 1 ～ 100 兆分の 1 m）程度であり，最も外側の電子の軌道のひろがり，すなわち原子の大きさは 10^{-10} m 程度である。原子の大きさを直径 100 m の競技場だと想像すると，原子核はその中心にある直径 1 mm から 1 cm の小さな球になる。

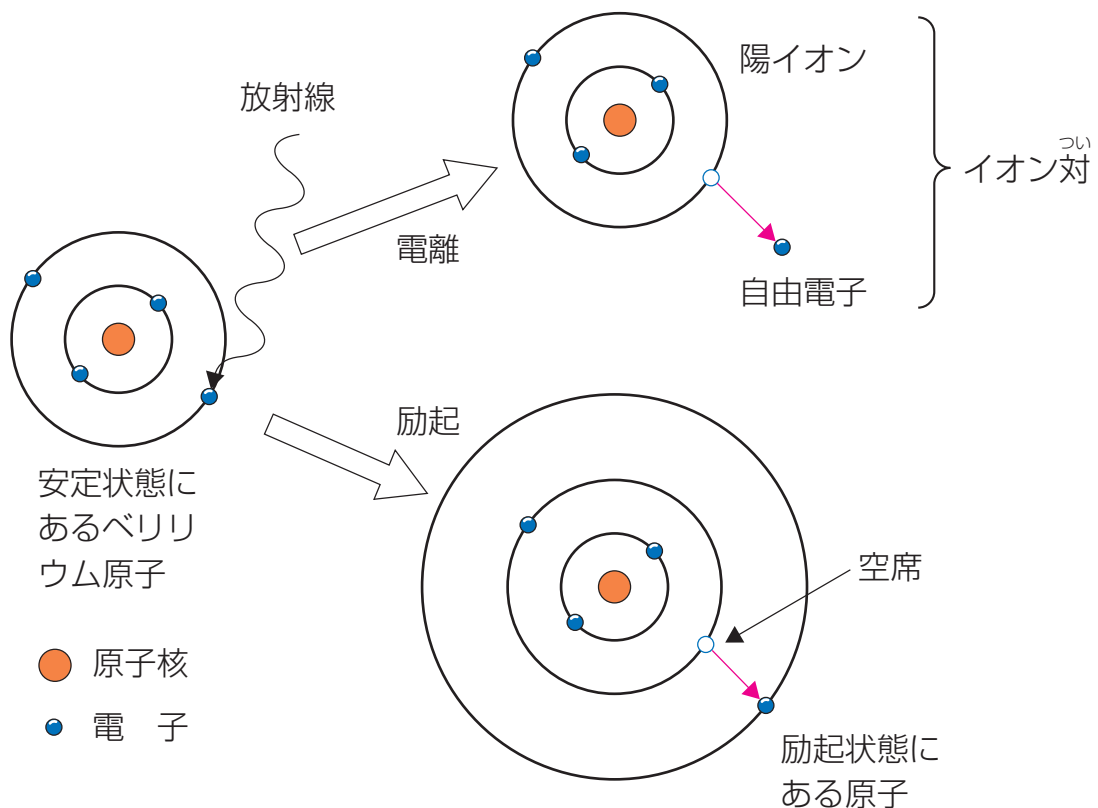


図表 I-1 物質，原子，原子核



図表 I - 2 ヘリウム(He)原子の構造

1 個の電子がもつ電気量 e は電気素量(素電荷)とよばれる。ヘリウムの原子核は、電気素量の 2 倍の正の電気量をもっており、2 個の軌道電子を従えている。



図表 I - 3 電離と励起

原子が放射線などにより電離されると、陽イオンと自由電子に分離する。できた陽イオンと自由電子の対をイオン対^{つい}という。軌道電子が外側の軌道に移った励起状態にある原子は、安定状態にある原子に比べて高いエネルギー状態にある。

2 原子核の構造

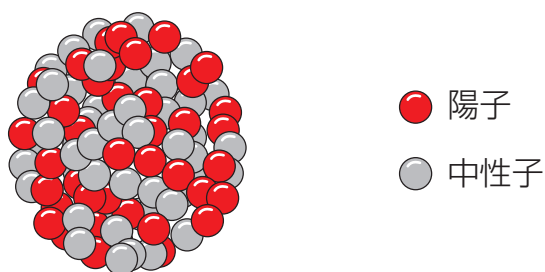
原子核は 2 種類の粒子，すなわち陽子と中性子からできている。

原子核は正の電気をもったいくつかの**陽子**と，電氣的に中性であるいくつかの**中性子**からできている。陽子の電氣量は，電子の電氣量と大きさは同じである。陽子の質量は電子の約 1800 倍である。中性子の質量は陽子とほとんど同じである（図表 I - 4）。電子は陽子や中性子に比べてきわめて軽いので，原子の質量はほとんど原子核の質量とみなしてよい。

陽子と中性子をまとめて**核子**という。核子同士の間には**核力**といわれる引力が働く。陽子同士は電氣的に反発し合って離ればなれになろうとするが，これを核力が引きとめている。

原子の化学的性質は原子核の陽子の個数で決まる。この個数は**原子番号**であり，**元素記号**と対応している。電氣的に中性な原子では，原子核の陽子の個数と，原子核のまわりをまわっている軌道電子の個数は同じである。

原子番号 = 原子核の陽子の個数 = 中性の原子の軌道電子の個数



図表 I - 4 原子核内の陽子と中性子のつまり具合

水の分子が集まって水の 1 滴を構成している状態に似ている。