



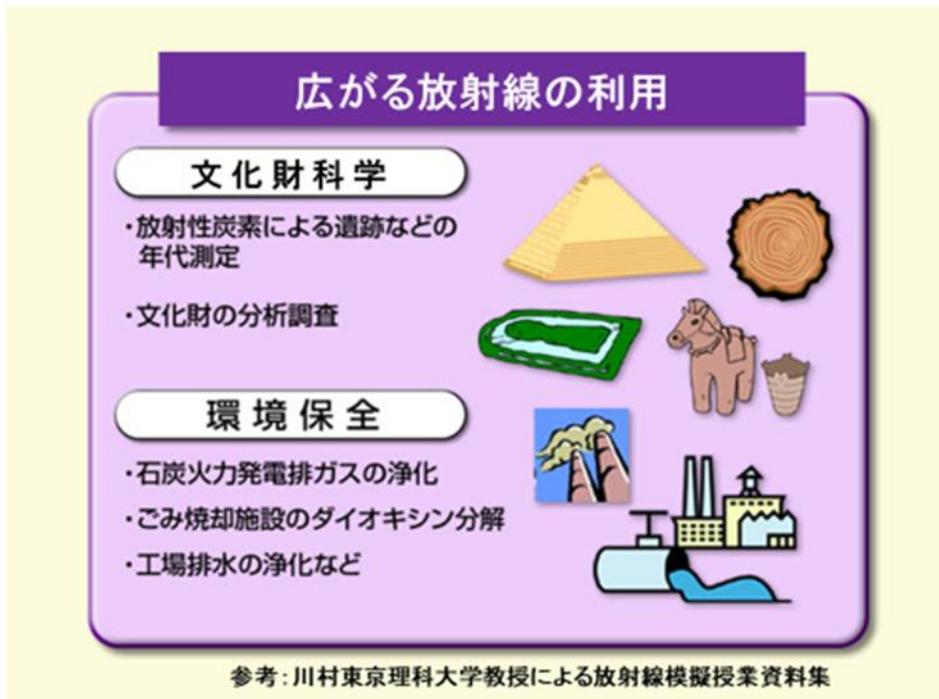
「原子カワポイント」

あなたに伝えたい放射線の話（9） 広がる放射線の利用—文化財科学と環境保全—

ここがポイント!



- 放射性炭素(炭素 14)の濃度を測定すれば、遺跡などがいつ作られたのかを推測することができます。
- 遺跡や文化財などの内部の様子については、医療でも利用されている X 線 CT スキャン装置を利用すれば分析調査でき、隠されていた秘密を明らかにすることができます。
- 石炭火力発電所の煙の浄化など、放射線は環境保全技術にも有効に活用されています。



リケジョさん：前回までの話で放射線は、「医療」、「農業」、「工業」の各分野で有効に利用されていることを教えてもらいましたが、他の分野でも放射線が利用されているのなら、ぜひ教えてください。



放射線博士：上の図を見てください。医療、農業、工業以外でも、遺跡や文化財などの年代やルーツを測定・調査する技術、および排煙、排水などの廃棄物を分解・除去して環境を保全する技術など、思いがけない分野で利用されています。



リケジョさん：放射線が利用されている分野は他にもいろいろあるのですよね。遺跡や文化財などの年代を測定するというのは、その遺跡や文化財がいつ作られたかわかるということでしょうか？しかも放射線を利用してですか？



放射線博士：その通りです。実は、遺跡や文化財の中に含まれる炭素 14 (^{14}C) という放射性物質の濃度を測ると、その遺跡や文化財がいつ作られたかがわかるのです。



リケジョさん：炭素 14・・・？放射性物質？ まずそこから教えてください。



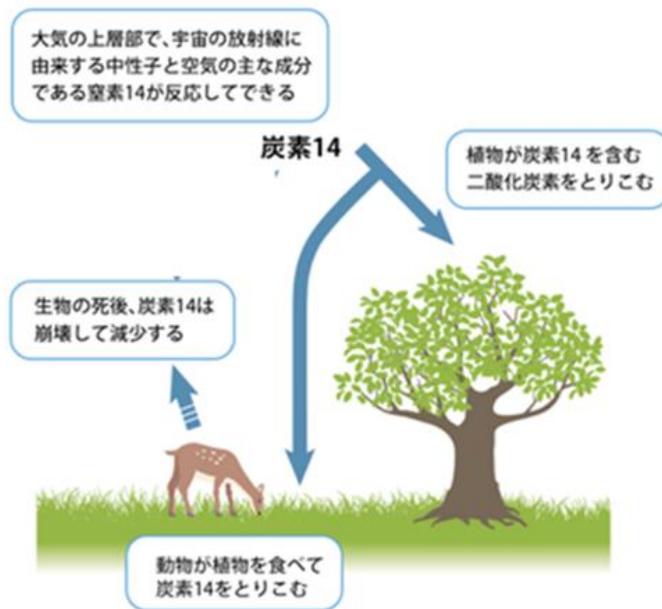
放射線博士：地球上に存在する物質は、私たちの身体も含めてすべて原子でできています。大部分の原子は安定した状態を保っていますが、一部の原子は不安定な状態になることもあり、余分なエネルギーを外に出して安定した原子に変わろうとします。この時に出るエネルギーを放射線、また放射線を出す物質のことを放射性物質といいます。炭素 14 はこのような放射性物質の一つなのです。



リケジョさん：じゃあ炭素 14 も放射線を出すのですね？



放射線博士：その通りです。下記の図を見てください。



参考：(理科コラム5)動植物に残る放射性物質「炭素14」から時代がわかる？
(中サポ：下野新聞社)

炭素 14 はごくわずかですが大昔から大気中にほぼ一定の割合で含まれていて、動物や植物は、呼吸したり食物を摂ることで空気中の炭素 14 を体内に取り込んでいるのです。この結果、動物や植物の体内にも、一定の割合の炭素 14 が含まれています。しかし、動植物が命を失うと炭素 14 を取り込まなくなります。実は、放射性物質は放射線を出すと、他の元素に変化するのです。したがって、体内に残った炭素 14 の量は、放射線を出して徐々に減っていくのです。だから、大気中にある炭素 14 の割合と、動植物の体内に残っている炭素 14 の割合を比べると、どれくらい前に寿命を迎えたのかがわかるのです。例えば、土器などの文化財に付いた穀物や動物の歯、植物の繊維に残っている炭素 14 の濃度を調べることで、その土器がどれくらい前に使われていたのかがわかるというわけです（詳細は後述の解説を参照ください）。



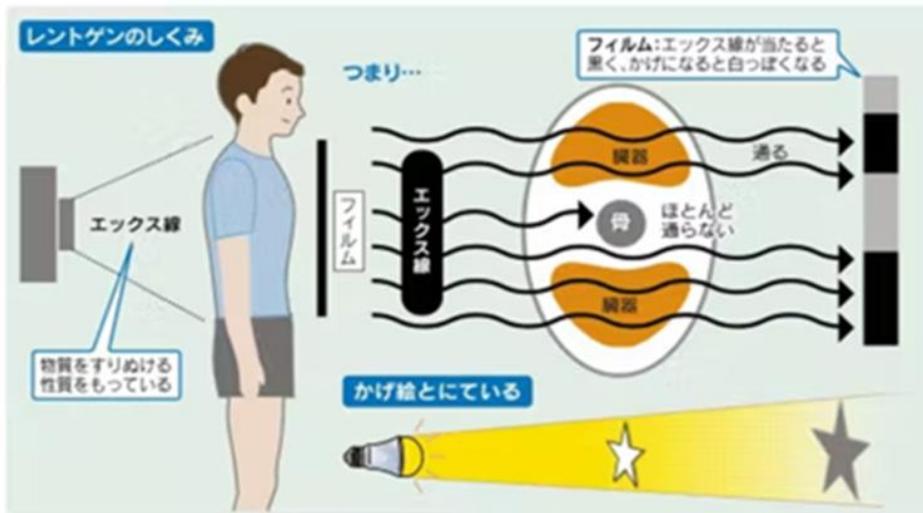
リケジョさん：文化財がいつ使われていたか、現代の技術でわかるなんて、ロマンがありますね。



放射線博士：そうですね。文化財の調査に放射線が役立っている例は、他にもあります。

昨年（2021年）4月に、聖徳太子没後1400年を記念して、奈良国立博物館で特別展「聖徳太子と法隆寺」が開かれました。奈良国立博物館では、展覧会の事前調査で得られた成果をいち早く来館者に伝えるよう努めていますが、今回も、「X線CTスキャン装置を用いて仏像調査を行った結果、特筆すべき発見があった」と報告がありました。

X線CTスキャン装置は、放射線であるX線を利用した装置で、医学の分野で広く用いられています。その原理は、レントゲンと同じです。下の図に、レントゲンの仕組みを示します。



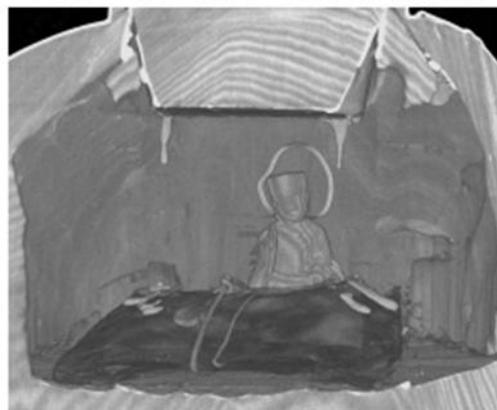
(参考: レントゲンでなぜ体の中が見えるの? Style.Nikkei.com)

レントゲンはふつう2次元の画像ですが、X線スキャン装置は、いろいろな方向からX線を照射することで、3次元の立体的な像を作ることができます。このX線CTスキャン装置が、遺跡や文化財の分析調査にも利用されているのです。下記の図をご覧ください。



聖徳太子立像

太子立像の胎内に菩薩像を発見



聖徳太子立像の胸部のCT画像

(参考: 文化庁広報誌 ぶんかる「文化財のトビラ」)

聖徳太子立像は、16歳の太子が用明天皇の病気の回復を願って祈りをささげる姿とされています。

国の重要文化財である聖徳太子立像をX線CTスキャン装置で調べたところ、体内から木造の「菩薩半跏像（ぼさつはんか）像」¹が見つかりました。菩薩は、宝冠をかぶり、右手のひらを頬（ほほ）に近づけて、左足を垂らし、岩をかたどった台座に座るポーズをとっています。調査にあたった山口隆介主任研究員は、「像内に納入された品の、このような詳細な分析は、X線CTスキャン装置でなければできなかった」といいます。

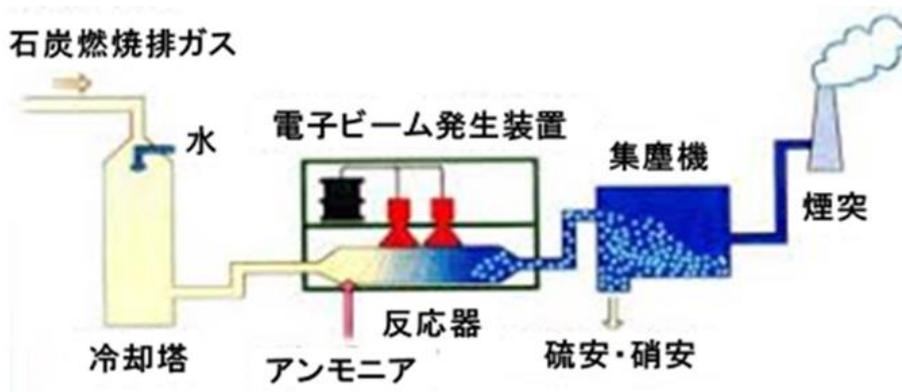


リケジョさん：すごい発見ですね。放射線を上手に使いえば、文化財などに秘められた歴史を書き換えるような発見をすることも、夢ではないかも知れませんね。



放射線博士：その通りです。さて、話は変わりますが、最初に紹介したように、放射線が環境保全に役立っているお話をしましょう。その代表的な事例として、放射線（電子ビーム）を利用した煙を浄化する環境保全技術を挙げるすることができます。

下記の図を見てください。



「原子力のすべて」—地球と共存する原子力—
(aec.go.jp/jicst/NC/sonota/study/aecall/book/pdf/8syous.pdf)

火力発電所などで、石炭や石油を燃やしたときに出る煙には、窒素酸化物（NO_x）や硫黄酸化物（SO_x）といった有害物質が含まれていて、大気中で太陽光の作用を受けると、硫酸や硝酸に変化します。これらが、雨に含まれて地上に達したものが酸性雨であり、樹木の枯死などの被害をもたらします。

わが国では1973年ごろから注目され、諸外国に先駆けて、効果的な処理技術の開発が進められました。すなわち、この煙にアンモニアを加えた後に、図中の電子加速器から出てくる電子ビームをあてると、窒素酸化物や硫黄酸化物はそれぞれ硝酸、および硫酸に変わります。そしてあらかじめ添加されているアンモニアとの中和反応によって最終的には硝酸アンモニウム、および硫酸アンモニウムなどの有用な肥料に変わります。つまり、有害物質から肥料を作ることができたのです。この技術はその後、ポーランドや中国の火力発電所でも活用され、大気汚染の緩和に役立てられました。

¹ 片脚を組んで坐る菩薩（ぼさつ）像



リケジヨさん：有害なものを役に立つものに変えるなんて、すごい技術ですね。他にも環境保全の例はありますか？



放射線博士：下水汚泥に放射線をあてて、肥料や土壌改良剤にするリサイクル技術が、インドやアルゼンチンで実用化しています。放射線には、医療用具の滅菌などで知られているように殺菌効果があるのです。



リケジヨさん：ここでも、放射線のおかげで有害なものが役に立つものに変えられていますね！



放射線博士：まだまだたくさんあります。その一つとして発がん性のあるダイオキシンの電子ビームを照射して分解・減少化する技術開発を挙げることができます。ごみや汚染土壌の焼却灰を土木原料などに再利用するための焼却施設などでの実用化が進められています。

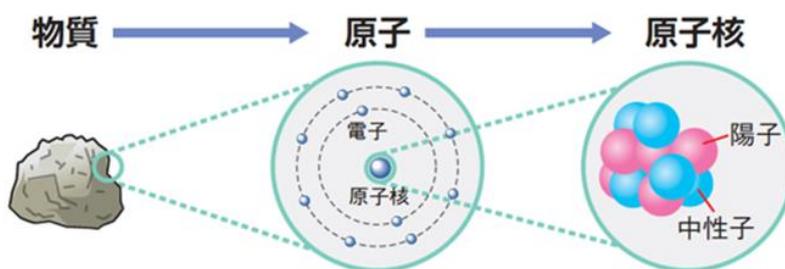


リケジヨさん：さまざまな分野において、放射線が有効に利用されている事実を教えてください、放射線に抱いていた「怖い」という思いがいつのまにか薄れてきました。博士、ありがとうございました！

(原産協会 人材育成部)

「解説：炭素 14 は放射線を出すと窒素 14 に変化」

原子の中心にある原子核は陽子と中性子からなっています。(下記図参照)



引用：高校生のための放射線副読本—知っておきたい放射線のこと—

原子核の陽子の数は元素ごとに決まっていますが、中性子の数は同じ元素でも違っている場合があります。例えば、炭素の場合は、陽子の数はいずれも 6 個と決まっていますが、中性子の数は 6 と 7 と 8 個の三種類があります。これらを同位体と呼びます。同位体の中には不安定で、放射線を出して安定な同位体になってしまうものがあります。これを特に放射性同位体といいます。炭素の場合は炭素 12 (^{12}C) と、炭素 13 (^{13}C) が安定な同位体で、炭素 14 (^{14}C) が放射性同位体です(下記図参照)。

	^{12}C	^{13}C	^{14}C
			
陽子	6	6	6
中性子	6	7	8
質量数	12	13	14
存在比	98.93%	1.07%	微量

引用:用語解説—排出放射性物質影響調査について
(www.aomori-hp.jp)

炭素 14 は、宇宙線によって作られる中性子と、大気中の安定な窒素原子（以下「窒素 14」という）との核反応によって生まれます。具体的には、窒素 14 に中性子がぶつかると、原子核から陽子 1 個が飛び出して、炭素 14 に変化します。生まれた炭素 14 は放射線（ベータ線）を出して、また窒素 14 に戻っていきます（下記図参照）。



引用:身近にあふれる「放射線」が3時間でわかる本
(明日香出版社)

生物が活着しているときは、体内と空気中の炭素 14 は同じ濃度のままです。ところが、生物が死ぬと炭素を取り入れることができなくなり、その時点で体内にあった炭素 14 は 5730 年が経過するごとに半分の量に減っていきます（この 5730 年を炭素 14 の「半減期」ⁱⁱといいます）。つまり、5730 年前に死んだ生物は、炭素 14 が 2 分の 1 に、1 万 1460 年前に死んだ生物は 4 分の 1 に減少しています。

この減少量を測定すれば、その生物が何年前まで生きていたのかを推定することができます。これを「炭素 14 による年代測定（放射線炭素年代測定法）」といいます。約 5 万年前（半減期のおよそ 10 倍）までこの方法で年代を十分な精度で調べるすることができます。

ⁱⁱ ある放射性同位元素（例えば炭素 14）が、放射性崩壊によってその内の半分が別の核種に変化するまでにかかる時間を言う。