

内部崩壊を起こす核廃棄物の貯蔵庫

Canned nuclear waste cooks its container

核廃棄物の貯蔵に使われる材料が、廃棄物から出る放射線によって受ける損傷は、これまで過小に考えられてきたことがわかった。

doi:10.1038/news070108-6/10 January 2007

Philip Ball

原子力発電所などから出る放射性廃棄物には、極めて長期間にわたって放射線を出し続けるものがある。こうした放射性廃棄物の漏れ出しを防ぎ、数千年も貯蔵することは、これまで専門家たちが考えていたよりもずっとむずかしいかもしれないことが、*Nature* 1月11日号に掲載された研究から明らかになった。報告したのはケンブリッジ大学（英国）の Ian Farnan たちで、放射性廃棄物から出る放射線は、貯蔵材料の候補の1つに挙げられている物質を、考えられていたよりもずっと速く、わずか1400年で耐久性の低いガラス質（非晶質）に変えてしまう可能性があるという¹。

使用済み燃料棒から抽出された放射性元素など、原子力発電所で生まれる危険な物質の処分計画は、現時点では国によって異なるのが実情だ。研究されている一般的な方法としては、硬い結晶質のセラミックス材料（一種の合成岩石）の中に廃棄物を封じ込め、さらにそれを鉄製の缶に入れて、地下に掘った穴に埋設するというものがある。

放射性物質の多くは長期間にわたって放射線を出し続けるため、封じ込めはとてつもない長期間にわたって万全でなければならない。プルトニウム239は原子力発電所で生まれる副産物の中でも最も危険な物質の1つで、その半減期は2万4000年だ。これは、最初にあったプルトニウム239のうち、2万4000年経っても崩壊するのは半分だけだということの意味する。理想的には、この約10倍の長さ、25万年間にわたって封じ込めを続けなければならない。

Farnanらは、寿命の長い放射性廃棄物を貯蔵するための材料候補の1つで

ある、ジルコン（ケイ酸ジルコニウム）という材料を調べた。このセラミックス材料は、放射性の原子をしっかりと固定し、地下水に溶けるなどして環境中に漏れ出すのを防ぐとされている。

しかし問題は、放射性物質がセラミックスを損傷させてしまうことだ。プルトニウム239を含め、放射性物質の多くはアルファ線を出す。アルファ線はセラミックスの中をごく短い距離（せいぜい百分の数ミリメートル）しか進まないが、その過程で結晶を大きく破壊する。

高速で進むアルファ粒子は、その経路で数百個の原子にぶつかり、それらをボウリングの球のように散乱させる。しかも、アルファ粒子を放出した放射性の原子もまた、反跳により逆方向へと運動する。その運動距離はアルファ粒子の移動距離よりもさらに短い。この放射性原子はとても重いので、セラミックス中の数千個の原子をもともともあった場所からはじき出す。

こうしてセラミックスの結晶構造はめまぐるしく壊され、ガラス質に変わる。その結果、材料（ジルコン）は膨らみ、放射性原子の固定装置としての安全性は低下する。「このように放射線でひどく損傷を受けたジルコンの中には、損傷していないものに比べて耐水性が数百分の一になるものがあることがわかった」とFarnanは話す。となれば、もしも損傷したセラミックスが濡れたら、放射性物質が漏れ出してしまおう。

核磁気共鳴で計測

放射性廃棄物貯蔵セラミックスの放射線による損傷の見積もりはこれまで、主に計算とコンピューターシミュレー

ションで行われていた。しかし今回、Farnanらは損傷を実際に計測した。彼らは、臨床医学で使われる磁気共鳴画像法（MRI）と似た核磁気共鳴分光という技術を使い、プルトニウムを含む人工のジルコンと、通常は放射性のウランを含む天然の鉱物ジルコンの両方で、結晶とガラス質の相対量を測った。そして、放射性原子でアルファ崩壊が1回起きるたびに、ジルコン中の約5000個の原子がはじき出されるとの見積もりを出した。これは、これまでの予測よりも2.5～5倍の多さだ。

ミシガン大学（同州アナーバー）の放射性廃棄物処分の専門家、Rod Ewingは「私たちが考えていたよりも、損傷の度合いは大きいようだ」と話す。

ほかのジルコニウム材料を含め、ジルコンよりも耐久性が高い可能性のある材料もある。しかしFarnanの研究結果は、こうした材料の放射線に対する耐久性をとらえ切れていないということを示している。今回の結果を踏まえ、エンジニアたちは、廃棄物の埋設場所の地質よりも、放射性廃棄物を囲い込む材料のほうをより注意深く検討するようになるはずだと、Farnanは考えている。理想をいえば、アルファ崩壊によってはじき出された原子が結晶中の本来の位置にゆっくりと戻り、自然に修復するような材料があればいい。

Ewingは、「今回の研究で使われた技術はそうした代替材料を調べ、長期間耐えうる候補材料を見つけるのに使える可能性がある」と話している。 ■

1. Farnan I., et al. *Nature*, **445**:190-193 (2007).