ナガセランダウア
NLだより
6
No.546
2023年6月発行

●トップコラム／公益社団法人 日本アイソトープ協会常務理事　大越 実
●球状コンクリーションと地層処分／〔第2回〕
自然に学ぶ地下シーリングプロセス
●外部被ばく線量の算出方法／〔その3〕局所被ばく
●お願い／登録変更依頼書のご返送について
●お知らせ／第60回アイソトープ・放射線研究発表会
●製品紹介／ビジョンバッジ

トップコラム 258

大越 実

信用と正確な知識

放射性廃棄物管理に関連する仕事に従事するようになって、早いもので35年が過ぎた。その間に、日本原燃(株)による原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の埋設処分の開始、日本原子力研究所によるJPDR廃炉廃棄物の埋設処分実証試験の開始、クリアランス制度の法制度化と実施、寿都町と神恵内村における高レベル放射性廃棄物の最終処分場選定に向けた文献調査の開始等々、時間は要しているものの、放射性廃棄物管理分野で一定の進展は見られた。

しかしながら、研究機関、民間企業、医療機関等から発生する低レベル放射性廃棄物の処分の目途はたっていない。また、今後本格化する原子力発電所を含めた原子力施設の廃止措置に伴い大量に発生する放射性廃棄物の処分の目途も、日本原子力発電(株)の放射能レベルの極めて低い廃棄物の処分計画を除いては、明確な処分計画が示されていない。

処分が進まない要因としては、処分場の立地が進まないことが大きな要因であることはご存じのとおりである。放射性廃棄物を処分する必要性についてご理解をいただけたとしても、自分たちの生活圏に近い場所で処分が行われることに対して忌避感を抱くことはごく普通の感情であると思う。忌避感を乗り越えて、処分場の立地に対する賛意を示していただくには何が必要か考えてみたい。

多少古いデータではあるが、2008年にEU加盟27か国の市民を対象にした放射性廃棄物に関する意識調査*1の中で、各種情報源の信用度について質問を行っている。調査対象国の全体平均では、選択肢のうち、「科学者」(40%)、「環境問題に取り組むNGO」(38%)、「原子力の平和利用のための国際機関」(32%)、「国の放射性廃棄物管理に対して責任を有する機関」(30%)が信用できる情報源の上位となっており、「メディア」(12%)や「原子力産業界」(12%)は下位となっている*2。一方、使用済燃料の処分計画が進んでいるスウェーデンでは、各情報源に対する信用度は、他国に比べて高く、特に、国の放射性廃棄物管理機関を選んだ人の割合が58%と科学者(51%)、NGO(53%)や国際機関(52%)を上回っている。処分計画が同様に進んでいるフィンランドは、スウェーデンに比べれば、各情報源に対する信用度が低いものの、国の放射性廃棄物管理機関(41%)に対する信用が、科学者(46%)と国際機関(40%)とほぼ同程度であり、NGO(25%)よりも高い結果となっている。一方、原子力先進国であるが、高レベル放射性廃棄物処分場の立地活動が停滞している仏国の場合には、科学者とNGOを選ぶ人の割合は53%とスウェーデンと同程度であるにもかかわらず、国の放射性廃棄物管理機関を選んだ人の割合は29%とかなり少なくなっている。

また、上記の意識調査において、放射性廃棄物の事実関係を問う質問の正答率を調べているが、スウェーデンは調査国中一位の正答率(63%)であり、全調査の平均値49%を大きく上回っている。フィンランド(58%)と仏国(57%)は、平均値を上回ってはいるが、スウェーデンに比べると低い正答率となっている。

上記調査結果をもってすべてを論ずることはできないが、処分場の立地に対して関係者の賛意を得るには、判断を行っていただく方々に正しい知識を持っていただく必要があり、そのうえで、処分を実施する機関を信用していただくことが重要ではないかと考える。「こんな当たり前のことは従来からやっているよ」という声が聞こえてきそうではあるが、放射性廃棄物は一般市民にとって馴染みのないものであり、人の目の届かない地中に放射性廃棄物が処分されることに対する不安、さらには、安全評価の手法等の理解には専門知識が必要なこと等により、理解が進まず、結果的に、安全性だけを押し付けられるような形になっていると思われる。自戒を込めて、正確かつ分かりやすい情報を発信し続けるとともに、信用をしていただけるように襟を正して仕事をするのが、放射性廃棄物管理を行う者の務めであると考える。

※1 European Commission, Special Eurobarometer 297 Attitudes towards radioactive waste,2008. https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/681
※2 複数の選択肢の選択が認められているため、回答の合計は100%を超える。

おおこし みのる
公益社団法人　日本アイソトープ協会常務理事

プロフィール●日本原子力研究開発機構(旧 日本原子力研究所)において、JPDRの極低レベル廃棄物埋設処分実証試験、クリアランスレベルの算出、JRR-3解体物のクリアランス等の放射性廃棄物の処理処分と廃止措置の技術開発、実務に従事してきた。現在は、日本アイソトープ協会でRI廃棄物の管理とRI施設の廃措置業務を担当している。福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会専門委員、楢葉町原子力施設監視委員会委員等を歴任。

球状コンクリーションと地層処分

〔第2回〕自然に学ぶ地下シーリングプロセス

名古屋大学博物館教授（館長）専門：応用地質学 **吉田 英一**

コンクリーションは、自然界で急速に形成される炭酸カルシウムの球状岩塊である（詳細については、前回記事を参照されたい）。では、なぜコンクリーションを研究してきたのか。その理由と「地層処分」には深い関係がある。「地層処分」は、使用済核燃料を再処理した後に、再利用できない放射性元素を分離・ガラス固化した高レベル放射性廃棄物を、地下300メートルよりも深い地下環境に数万年以上にわたって隔離・処分する方法である。この地層処分において、もっとも重要なことは、長期の隔離期間に地下水との反応によって廃棄体から放射性元素が溶出しないように、最大限に地下水との接触・反応を抑えるということである。そのためには、地下岩盤中の亀裂など、地下水が流れる水みちを長期にシーリングし、地下水との接触をできるだけ少なくすることが必要となる。

写真1 コンクリーション化剤。2液性で固化し、地下水と反応して周辺をコンクリーション化する。

一方、地下に処分するためには地下の状態を調べるためのボーリング掘削や、廃棄物を搬入するためのトンネル（地下坑道）を掘削しなければならない。これらは最終的には埋め戻されるものの、とくに地下トンネル周辺は、掘削によって亀裂が生じ地下水が流れやすくなるのは否めない。したがって、このトンネル周辺の亀裂をシーリングし、地下水の流れを抑制することは、最終的には地層処分の長期安全性を高めることに直結する。そのためには長期的にシーリングする素材が不可欠である。しかし、現在私たちが有しているセメント系のシーリング材は重要な素材ではあるものの、数万年もの長期に渡ってシーリングできるのかの確証がない。そのような課題に対して、コンクリーションは炭酸カルシウムの結晶が亀裂や岩石の隙間を充填し、一旦シーリングすると数百万年以上に渡ってその効果が維持されることを、自然が示す明らかな事例だと言える。つまりこの自然の仕組みを学び、その長期シーリング効果を再現・応用しようというのが根本的目論みである。

その考えのもと民間化学工業会社とコンクリーション化剤の開発に取り組み、漸（ようや）く実用化の目処が立ってきた。その名称はConcretion Seed（略称コンシード）である（写真1）。このコンクリーション化を促進する2液性の混合樹脂を、例えば地下の亀裂に注入すると、その亀裂のみならず周辺の微細な空隙までも炭酸カルシウムの沈殿（いわゆるコンクリーション化）によってシーリングされるというものである（写真2）。この炭酸カルシウムの結晶は、方解石（カルサイト）と呼ばれる鉱物であり、コンクリーションを形成する鉱物と同一である。したがって、亀裂がこの鉱物でシーリングされると球状コンクリーションのように、ほぼ半永久的にその状態が維持されることとなる。では、実際の地下環境ではどうなのか？ その性能を調べるために、北海道天塩町にある地下研究所の地下350メートルの岩盤で実証試験を行なってきた。その結果、岩盤中亀裂の水の流れ（透水係数）がコンクリーション化によって約1年間で1/100～1/1000に低下できることがわかった。このような持続的シーリング効果は、従来の人工素材では見られなかった現象である。地下水の流れが1/100～1/1000に抑制できるということは、将来の地下処分場での放射性元素の漏出量も同様に軽減できる可能性を示す。

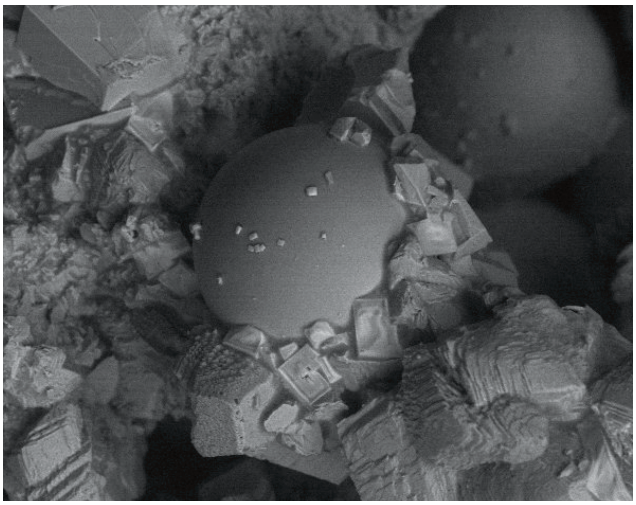


写真2 コンクリーション化によって、直径0.5ミリほどのガラスビーズ同士の空隙がシーリングされた様子。

日本のみならず、世界中どこでも地下環境には地下水が存在する。現在、地層処分は原子力を活用するほぼ全ての国で検討されている。また地層処分のみならず、カーボンニュートラルに伴う二酸化炭素地下貯留など、地下環境の利用は様々な分野で検討されている。地下環境を利用するには、必ず地下水の動きを制御するための長期的なシーリング手法が不可欠である。地層処分（地下隔離）は、もともと自然現象「オクロの天然原子炉反応」から学んだ方法である。同様に、将来の数万年に及ぶ長期の隔離性能を高めるには自然のシーリングプロセスに学ぶしかない。その1つの方法が、コンクリーション化だと考えている。この自然に学んだ手法の応用性をさらに追求し、将来の長期的な安全性を高めるためにさらに研究開発を進めていくつもりである。

外部被ばく線量の算出方法
〔その3〕局所被ばく

最終回は局所被ばくでの線量の算出方法です。

局所被ばくの測定に用いる線量計

本シリーズにおいて、局所被ばくは末端部被ばくと水晶体高線量被ばくを指します。

末端部被ばくとは、外部被ばくによる線量が最大となるおそれのある部分が、体幹部以外の手足等（末端部）になる場合をいいます。この場合は、その2で示した体幹部用ルミネスバッジに加えて、末端部にリングバッジなどを着用します。

水晶体高線量被ばくとは、眼の水晶体に高線量の放射線を受ける場合をいいます。この場合は防護メガネを用い、その内側に水晶体用線量計ビジョンバッジを着用することで3 ㎜線量当量を測定することが出来ます。

末端部被ばく

末端部被ばくの測定では、RIの使用やX線透視時の触診等で手指の方が体幹部よりも多くの放射線を受けるおそれを考慮し、リングバッジなど※1を着用します。図1に着用例を示しました。ここでは左手の人差し指に着用していますが、最大となる被ばくを評価できれば他の指でも支障ありません。

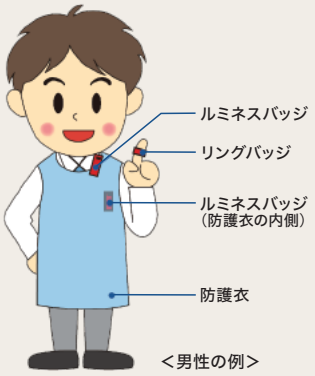


図1 末端部被ばくの線量計着用

末端部の被ばくは皮膚の等価線量にのみ寄与します。着用した個人線量計の中で最大となる70 μm線量当量の値が皮膚の等価線量となります。これは体幹部が均等被ばくでも不均等被ばくでも同じです。

※1 手首や足首にルミネスバッジを着用するケースもあります。

水晶体高線量被ばく

眼の水晶体の等価線量が事業所で定めた管理基準に近いか、それを超えるおそれがある場合、被ばくの低減のために防護メガネを着用した上で、眼の近傍に水晶体用線量計を着用することでより正確に線量を算出することができます。この管理基準には、眼の水晶体の等価線量における線量限度の、5年間の平均である20 mSv/1年が合理的ですが、事業所の判断でそれより低い値を設定することもできます。なお、弊社ではビジョンバッジを着用せずに、年間の水晶体等価線量の累計が13 mSvを超えた方がいた場合、管理連絡票を報告書に同封しています。その際はビジョンバッジの着用をご検討ください。

ビジョンバッジは図2のように、素子の部分が内側になるように防護メガネに取り付けて着用します。この場合の眼の水晶体の等価線量は、ビジョンバッジから得られた3 ㎜線量当量となります。

図2 水晶体高線量被ばくの線量計着用

まとめ

局所被ばくも含めたこれまでの被ばく線量の算出方法をまとめると表のようになります。

表 個人線量計を用いた実効線量及び等価線量の算出方法

防護量と被ばく状況			算出方法
実効線量	基本部位の線量計のみ	均等被ばく	基本部位の線量計の1 cm線量当量
	頭頸部等の線量計あり	不均等被ばく	実効線量 $E=0.08\times H_a+0.44\times H_b+0.45\times H_c+0.03\times H_m$ H_a：頭部又は頸部における線量計の1 cm線量当量 H_b：胸部（腹部）における線量計の1 cm線量当量 H_c：腹部（胸部）における線量計の1 cm線量当量 H_m：H_a、H_b、H_cのうち最大となるおそれのある1 cm線量当量
皮膚の等価線量	末端部の線量計なし	均等被ばく	基本部位の線量計の70 μm線量当量
		不均等被ばく	基本部位の線量計と頭頸部の線量計の70 μm線量当量のうち高い方
	末端部の線量計あり	末端部被ばく	着用した線量計のうち最大となる70 μm線量当量
眼の水晶体の等価線量	ビジョンバッジなし	均等被ばく	基本部位の線量計の1 cm線量当量と70 μm線量当量のうち高い方
		不均等被ばく	頭頸部の線量計の1 cm線量当量と70 μm線量当量のうち高い方
	ビジョンバッジあり	水晶体高線量被ばく	ビジョンバッジから得られた3 mm線量当量
腹部表面の等価線量（女子）			腹部の線量計の1 cm線量当量

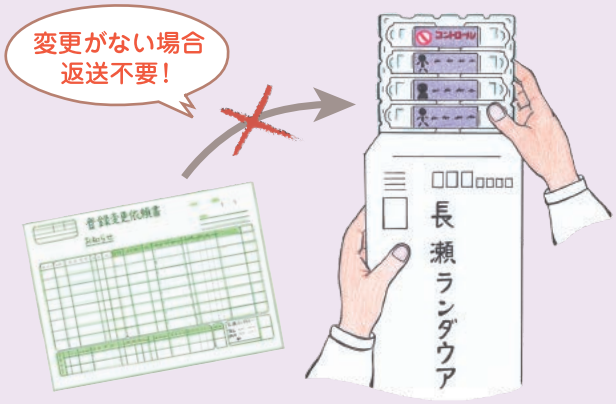
◆3回にわたり特集しました、外部被ばく線量の算出方法を参考に、弊社の線量測定サービスを被ばくの低減にご活用ください。

お願い

登録変更依頼書のご返送について

〔お問い合わせ：お客様サポートセンター〕
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

「登録変更依頼書」は、バッジのご着用者に変更が生じた時に、ご連絡をいただく用紙です。**登録内容に変更がない場合、「登録変更依頼書」を弊社にご返送いただく必要はございません。**測定依頼の際は、バッジのみご返却ください。また輸送中のバッジの保護のため、必ず専用のトレーにバッジを入れてご返送くださいますよう併せてお願いいたします。



お知らせ

第60回アイソトープ・放射線研究発表会

【会期】2023年7月5日(水)～7日(金)
【会場】日本科学未来館 7階未来館ホールほか
（東京・お台場）
【参加費・登録期間】
一般：①事前登録7,000円(税込)
4月3日(月)～6月16日(金)12時
②当日登録9,000円(税込)
6月26日(月)～7月7日(金)
学生：無料
主催：(公社)日本アイソトープ協会
◆一般発表（口頭およびポスター）
◆特別講演・パネル討論 各2題
◆招待講演 他
詳しくは、大会Webサイトをご覧ください。
https://confit.atlas.jp/jrias2023
【問合せ先】
第60回アイソトープ・放射線研究発表会 事務局
(日本アイソトープ協会内 学術振興部学術課)
TEL 03-5395-8081
E-mail happyokai@jrias.or.jp

皆様のご参加をお待ちしています。

*企画内容は予告なく変更になる場合がございます。

製品紹介

ビジョンバッジ®

2021年4月から眼の水晶体の等価線量限度が、50 mSv/1年かつ100 mSv/5年に引き下げられました。ビジョンバッジは防護メガネによる遮へいの効果を反映した眼の水晶体の3 ㎜線量当量を測定するために開発された個人線量計です。検出素子にはTLD素子を使用しています。眼の水晶体の等価線量限度を超過する恐れのある方は、ビジョンバッジのご着用をご検討ください。

ビジョンバッジサービスのお問い合わせ
営業部 Tel.029-839-3322

本号のトップコラムを拝見し、場合によっては人体に影響のある放射性廃棄物処分の方法、安全性について忌避感を抱かれている一般の方にご理解いただくのは非常に難しいことと、改めて感じました。弊社は放射線関連事業者ですので、放射線関連のことをお客様にご説明する機会があります。放射線に関わりがあるお客様に対してさえも、目に見えないものを説明する難しさを覚えることがあります。そのうえで、信用できる会社(情報源)として認めてもらうには一層の難しさを感じますが、日々の事業活動の中で誠実な対応を着実に、確実に積み重ねていくことで、少しずつ信頼を得ていけるのではないかと思います。これからもお客様からのより高い信頼を得られるよう努めていきたいと、気持ちを新たにしました。 (T.T.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール
https://www.nagase-landauer.co.jp
E-mail：mail@nagase-landauer.co.jp

■弊社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.546
2023年〈6月号〉
毎月1日発行 発行部数：42,200部

発 行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 浅川 哲也