

バックエンド週末基礎講座 地層処分事業の考え方と進め方

加来謙一*1

1 高レベル放射性廃棄物とは

高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所から出る使用済燃料を再処理工場にて再処理してウランとプルトニウムを取り出した後、残った核分裂生成物等を含む廃液をガラスと融かし合わせ固化体にしたものであり、「ガラス固化体」とも呼ばれている。高レベル放射性廃棄物は、放射線量が高く、発熱量が大きいことが特徴である。製造直後のガラス固化体は、周囲の環境条件にもよるが、表面の温度が200度以上となり、放射線量も約1,500Sv/hである。万が一ガラス固化体の表面に直接抱きつければ、生死に係わるような高い放射能レベルを有している。

製造済みのガラス固化体は、平成24年12月末時点で国内に1,930本存在している。その大部分は、六ヶ所村の「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」にて中間貯蔵されており、ここで30年から50年の間中間貯蔵される予定である。また、再処理する前の使用済燃料は、各原子力発電所や再処理工場にあるプールに一時保管されている。将来的に使用済燃料を再処理した場合にできるガラス固化体と、既にガラス固化体として製造されているものと合わせると、約24,800本相当のガラス固化体が国内に存在していることになる。

貯蔵管理中のガラス固化体1,930本は、フランスやイギリスに再処理を委託して作られ日本に返還されたもの、青森県六ヶ所村の再処理工場で試験に伴い発生したもの、茨城県東海村の研究施設で製造されたものを含んでいる。1,930本の内訳は日本原燃保管分が1,683本、JAEA東海製造分が247本である。

2 高レベル放射性廃棄物の処分方法に関する検討

これまで、処分方法については、国際的に議論されてきた。ロケットで宇宙へ処分する方法、深い海底に処分する方法、南極大陸の氷の下に処分する方法、安定した深い地層に処分する方法である。こうした議論の結果、「処分の確実性」と、「自国で発生したものは自国で処分する」ということから、「安定した地層の中に処分する」方法が世界共通の認識となっている。

地層処分の概念が初めて提示されたのは、今から50年以上前である。それ以来、OECD（経済協力開発機構）などで国際的な議論が重ねられ、地層処分は技術的に実現可能との国際的な合意が得られている。

日本でも、国際的な議論と並行して、1976年から地層処

分に関する研究が開始され、1999年には「国内に地層処分を行うのに必要な地質や基礎的な技術はある」との結論が得られた。これを踏まえ、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され、その実施団体としてNUMOが設立された。地層処分についての更なる研究は、現在も国の研究機関やNUMO等で続けられている。

3 高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるのか

地層処分の方法は、安定した深い地層の「モノ」を閉じ込める力を利用した「天然バリア」と、それを補う人間の技術である「人工バリア」を組み合わせたシステムである。これを「多重バリアシステム」と呼んでいる。

まずは人工バリアについて紹介する。ガラス固化体を、厚さ20センチほどの金属製の円筒状の容器に入れ密封する。これをオーバーパックという。オーバーパックは、ガラス固化体と地下水との接触を防止する役割をする。オーバーパックは金属製だが、地下には酸素が少ないため、腐食は非常にゆっくりとしか起こらない。これは地下の遺跡から、約1,900年前の鉄釘がほとんど腐食しないで出土していることからわかる。さらにこの外側を、厚さ約70センチのベントナイト系の粘土を固めた緩衝材で覆う。ベントナイトは、水を通しにくい性質を持っているため、周りの地下水が内部に浸入するのを防いだり、放射性物質が地中に出ていくことを遅らせる働きをする。

次に、天然バリアについて紹介する。太古の化石などが、地中深くからそのままの形で発見されることがある。これは、地下深部の地層が本来持っている「物質を閉じ込める力」によるものである。

人工バリアと天然バリアの2つのバリアにより、人間が管理し続けることなく、長期にわたり、人間の生活環境に影響を及ぼさないようにすることができる。

4 火山や地震が多い日本で地層処分はできるのか

日本では火山や地震・断層が多いため、これらが将来、処分施設を破壊するのではないかと懸念がある。また、雨が多く、一般に地下水が豊富なため、この地下水に放射性物質が溶けて運ばれるのではないかと心配もある。

しかしながら、火山や活断層については、これらを避けた安定な場所を選ぶことにより対処することができると考えている。また、地下水による放射性物質の移動についても、多重のバリアを構築することで、その影響を小さくすることができる。

図1は、日本の火山の分布図である。左側が過去100万年から50万年前に活動した日本の火山の分布、中央は50万年前から現在までに活動した火山の分布である。これら

Basic concept and procedure of the geological disposal project. by Kenichi KAKU (kkaku@numo.or.jp)

*1 原子力発電環境整備機構

Nuclear Waste Management Organization of Japan(NUMO)

〒108-0014 東京都港区芝4丁目1-23

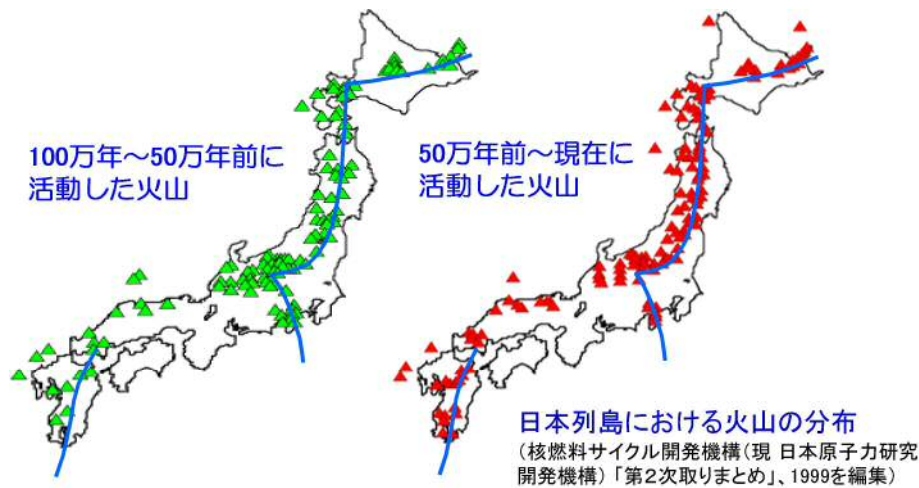


図1 日本周辺の火山分布

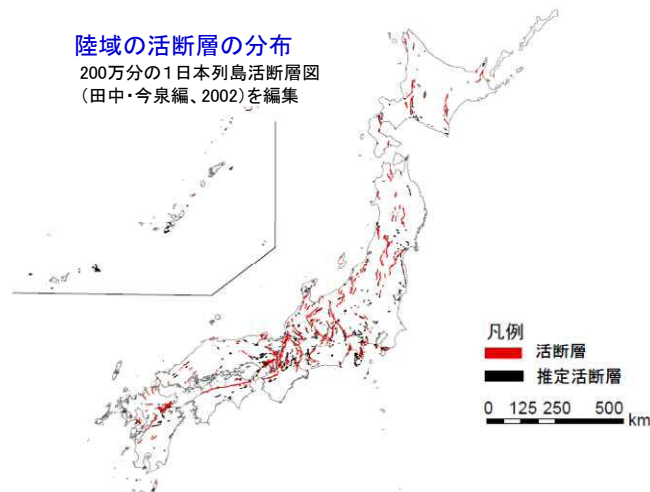


図2 我が国の活断層の分布図

を見比べると火山の分布がほとんど変化していない。また、全く火山が存在しない空白域があることがわかる。したがって、日本は確かに火山が多いが、それらの活動地域や影響範囲は推定することができ、火山を避けて処分場を建設することは可能であると考えられている。

図2は、活断層の分布図である。学会等で、全国を対象とした文献調査がされており、活断層は密集している地域とそうでない地域があることが確認されている。また、地下の断面をCTスキャンのように調べることができる物理探査や、実際に地表を掘って断層の活動性を調べるトレンチ調査などにより、活断層の有無などを詳細に調べることができる。

このように数々の調査を組み合わせ、応募地周辺を慎重に調べることによって、影響のある活断層を回避し、処分場を建設することは可能と考えている。

次に、放射性物質を移動させる要因となり得る地下水について解説する。一般に、岩盤は深いほど緻密になり、

地表の傾きなどの影響も小さくなるため、地下水の流れが遅くなることが知られている。場所によっては、100m移動するのに数万年かかるケースもある。こうしたことも、地下の深部が放射性廃棄物を処分するのに適している理由の1つである。ただし、日本の地質は変化に富み、地質構造が複雑で、地下水の流れ方もさまざまであると考えられる。実際の調査の際には、周辺における地下水の流れ方や化学組成などを詳細に調査し、処分場の設計にしっかりと反映する。

処分施設建設地の選定において、約20年をかけて三段階の技術的な調査を慎重に行う。火山、断層、地下水のほか、隆起・侵食の傾向や岩盤強度など、さまざまな地質の特徴について広範囲かつ地下深くまでの詳細な調査を行い、処分施設の建設に適した地点を選定する。各調査段階の結果を公表し、処分施設として適していない、あるいは同意を得られない場合は次の段階へ進むことはない。

5 地層処分事業と処分場のイメージ

図3は、未来の地層処分場のイメージである。処分場は大きく分けて地上施設と地下施設の2つに分かれる。地上施設の敷地面積はおよそ1~2km²の大きさである。ガラス固化体は、青森県六ヶ所村の一時貯蔵施設から、輸送容器に入れられて船やトレーラーでこの地層処分場に運び込まれる。

地上には、さまざまな役割の建物を構築する。運び込まれたガラス固化体を金属製のオーバーパックに密封する施設、オーバーパックをさらに取り囲むための緩衝材を製作する施設、そして、処分場全体を管理する施設などの建物が並ぶ。他にも、ガラス固化体輸送のための港湾施設や専用道路なども建設される。

次に、地下の施設を紹介する。大型トレーラーが、高レベル放射性廃棄物を積んで地下へのトンネルを移動する。地下施設は、約10km²の広さになる。トンネルの総延長は200km以上におよぶ。このトンネルの中に40,000本のガラス固化体を、一定の間隔をおいて順次定置していく。これらはすべて、遠隔操作で実施する。地下施設はいくつかの区画に分かれていて、それぞれの区画をパネルと呼ぶ。あるパネルでは建設作業を、あるパネルではガラス固化体の定置作業を、またあるパネルでは処分トンネルの埋め戻し作業を行うといった具合に、順次異なる作業を効率的に行えるように複数のパネルに分かれている。

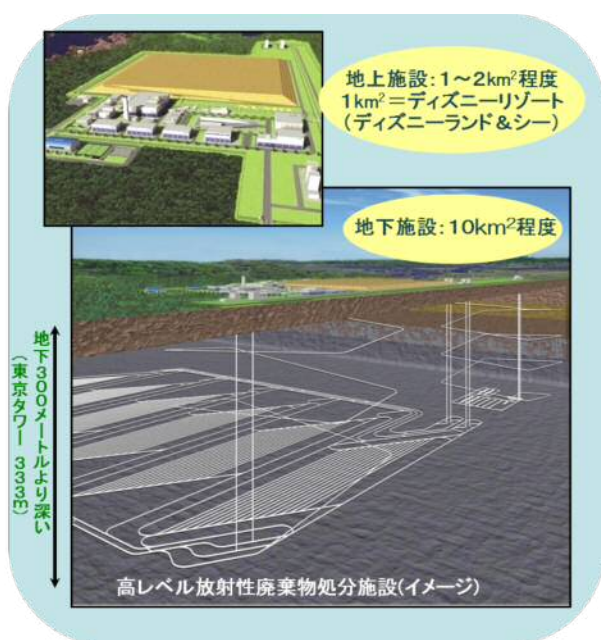


図3 高レベル放射性廃棄物処分施設のイメージ

6 諸外国の状況

諸外国における地層処分事業について概要を紹介する。

スウェーデンでは2009年6月に実施主体のSKBがエストハンマル自治体のフォシュマルクを処分場建設予定

地として選定し、2011年には処分場の立地・建設許可申請を行った。現在は規制主体SSMによる安全審査が進められている。

フィンランドでは2001年にオルキオトを最終処分地にすることが決定され、2004年6月に実施主体のPosiva オンカロ地下特性調査施設の建設を開始し、地下特性調査が進められてきた。Posivaは2012年に処分場の建設許可申請を行い、現在は規制主体STUKによる安全審査が進められている。

フランスでは、実施主体のANDRAがビューレに地下研究所を建設し、地下坑道で調査・試験を実施している。2006年の放射性廃棄物等管理計画法に基づき、可逆性のある地層処分場の建設地として250km²圏の追加検討を行い、2009年末に250km²から30km²に処分場候補サイトの絞り込みを行った。ANDRAは2014年に設置許可申請を行う予定である。

スイスでは2008年に策定された特別計画に基づき3段階からなるサイト選定作業を実施中であり、現在は2段階目の作業を進めている。

カナダでは9段階のサイト選定を進めており、現状21の自治体を対象として2~3段階目の作業を実施中である。

アメリカは、ラスベガス近傍にあるユッカマウンテンに処分場を建設する計画に基づいて安全審査を行っていたが、2008年の政権交代により計画は中止され、今後の方策を検討中である。

このように地層処分事業の先進諸外国では、サイト選定段階を終えて、事業許可申請を行った国もあり、近い将来、地層処分施設の建設が開始される見込みである。

