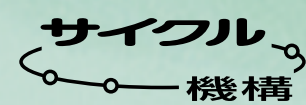


# ウラン鉱山のこれから



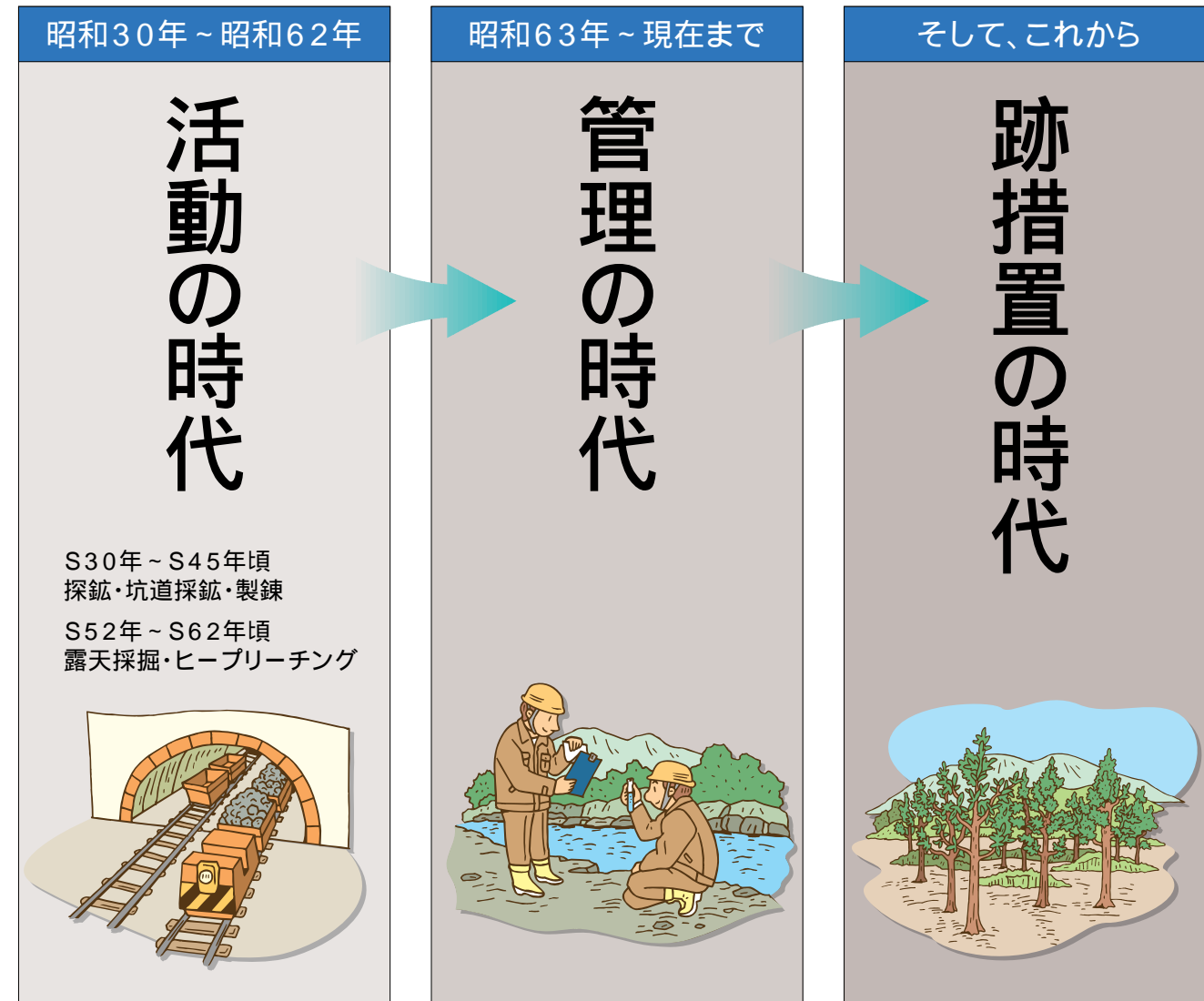
核燃料サイクル開発機構  
人形峠環境技術センター

〒708-0698 岡山県苫田郡上齋原村1550番地  
TEL.0868-44-2211 FAX.0868-44-2502  
<http://www.jnc.go.jp/zningyo>

# ウラン鉱山の3つの時代

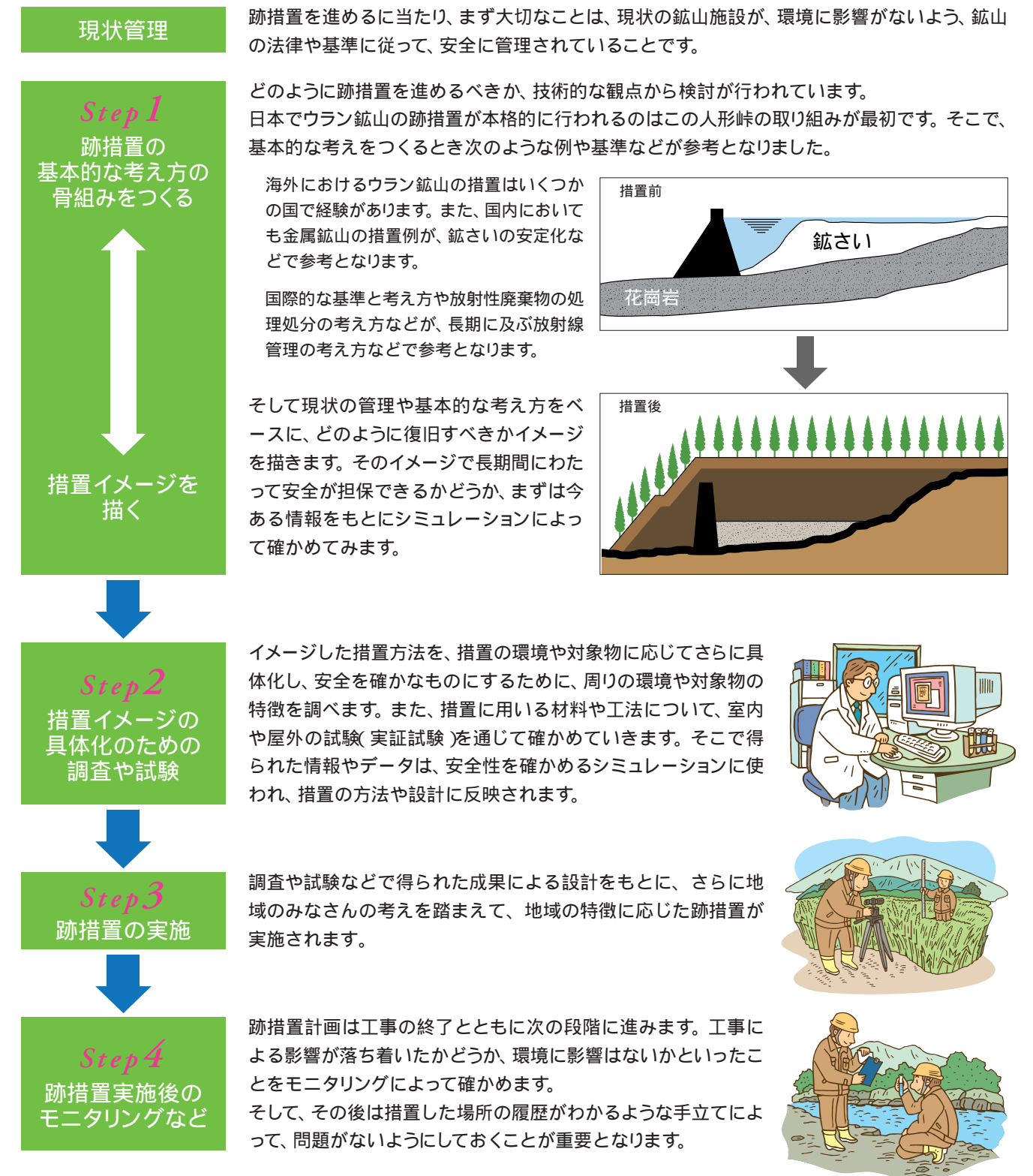
人形峠周辺のウラン鉱山は、昭和30年代から昭和62年頃までの活動の時代、その後の管理の時代を経て、跡措置（復旧）の時代に入っています。

## 人形峠ウラン鉱山3つの時代



# 跡措置計画を進めるためのステップ

跡措置計画は以下のステップを踏み、進められます。



# Step 1 跡措置の基本的な考え方の骨組みをつくる

跡措置を進めるにあたり重要なことは、現状の安全な維持管理のあり方に加えて、跡措置をどのように考え、どのように進めるかという「基本的な考え方」を定めることです。まずウラン鉱山の跡措置では、他の金属鉱山の場合と異なり、ウランやラジウムなどによる放射線を防護する考えが重要になります。そこで、すでに措置が進められている海外の事例や、そのような事例も踏まえて検討されている国際的な基準などの考えが参考となります。

## 現状の維持管理から

ウラン鉱山の施設は、鉱山保安法に基づき、屋外で管理されているところがほとんどです。跡措置を進める上で重要な管理の基本として放射線管理の考えがあります。

## 海外の事例などから

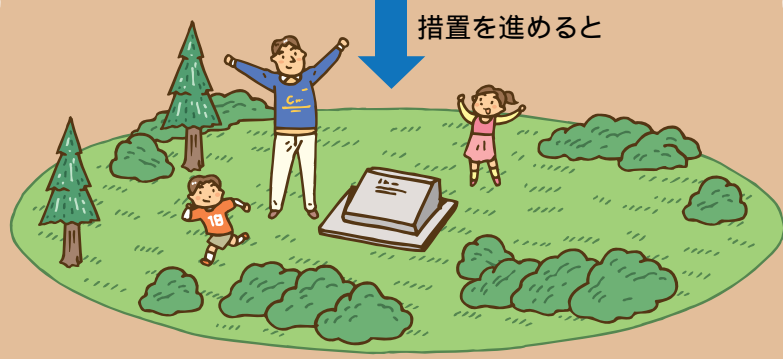
敷地境界の外側における放射線の線量目標は、周辺から影響(バックグラウンド)を除いて1mSv/年以下で管理されています。



敷地境界(柵等)で管理



措置を進めると



措置対象からの影響がどこでも1mSv/年を下回るように

## 国際的な基準などから

### ICRPの勧告

対策を講じる必要のないレベルとして、1mSv/年を介入免除レベルとしています。これは、一般公衆の被ばく線量限度にもあたります。

### IAEAのウラン鉱山の措置などの基準

ICRPの勧告をベースに、諸外国から出された措置のあり方をまとめて基準案を示しています。

### 原子力委員会専門部会報告

核燃料施設等から発生するウラン廃棄物の処理処分の考え方がICRPの勧告も踏まえて示されています。

フランス、ドイツ、カナダ、オーストラリア、そしてアメリカなど海外のウラン鉱山には跡措置事例が数多くあります。これらの事例が日本のウラン鉱山の跡措置の参考となります。

## カナダの場合

世界最大のウラン生産国のカナダも、1990年代に入り多くのウラン鉱山が操業停止になりました。1996年に閉鎖されたスタンレイ鉱山をはじめとするエリオット湖周辺での鉱山跡措置計画は北アメリカでも最大規模の跡措置作業の一つになっています。



スタンレイ鉱山・跡措置前



スタンレイ鉱山・跡措置後

### 捨石の例

捨石が措置の対象となる例は全体の1/3程度で、もっぱら硫黄や砒素などの有害化学物質が多いのが理由です。

多くは、下の写真のように覆土、植栽が行われていますが、なかには、鉱さいの埋戻しの材料や道路の敷石に再利用される例もあります。また、アメリカのように捨石が、措置の対象となっていない国もあります。



シャントループ鉱山・操業中



シャントループ鉱山・跡措置後

## フランスの場合

日本に最も国情が似ているフランスでも過去50年間で、合計200ヶ所の鉱山が稼働していました。それらのうち3/4は1万m<sup>2</sup>以上の広い範囲で活動していましたが、一つを除くすべての鉱山は既に閉鎖され、残り一つも閉鎖される予定となっています。

### 国内金属鉱山の事例も参考に

鉱さいたい積場の圧密や遮水措置などの工夫や管理の合理化の考え方など、多くのことが参考になります。

### 鉱さいの例

鉱さいについては、ほとんどが措置されています。その多くは自らの重みで水分が抜け密度を増す圧密や、覆土、植栽の組み合わせですが、なかには、湖の底に沈めることで空気と触れないようにし、酸化して有害物質が溶け出ないようにする工夫をしているカナダやフランスの例があります。当然、もとあった土の中に戻して覆土する方法にも同様の効果があります。



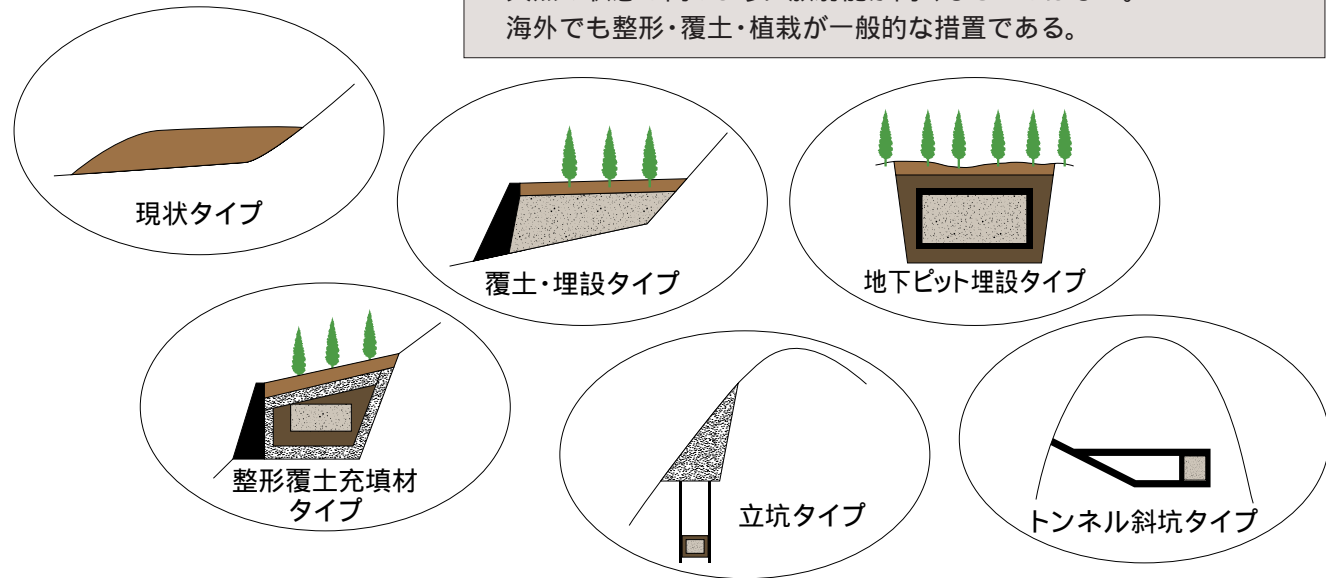
鉱さいたい積場の措置例(レカルビエール鉱山)

# 措置イメージを描く

## 措置のイメージ

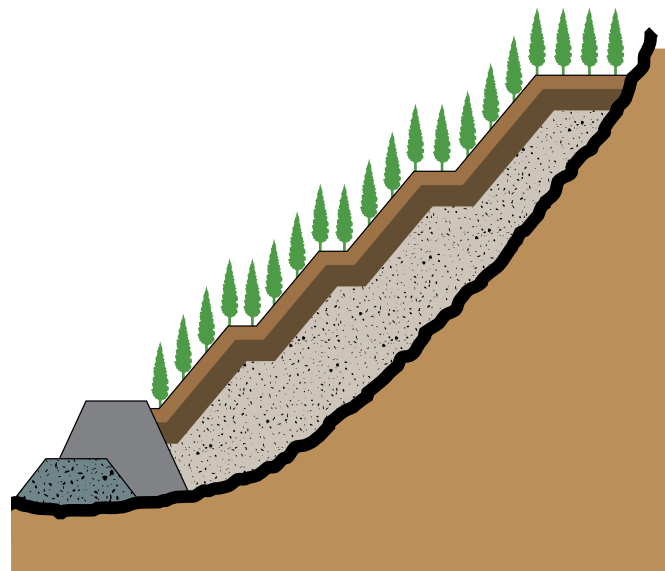
イメージするためのベース

現在も安全に掘り出した場所の周辺で屋外で管理されている。天然の状態と同じように放射能が高くなることはない。海外でも整形・覆土・植栽が一般的な措置である。

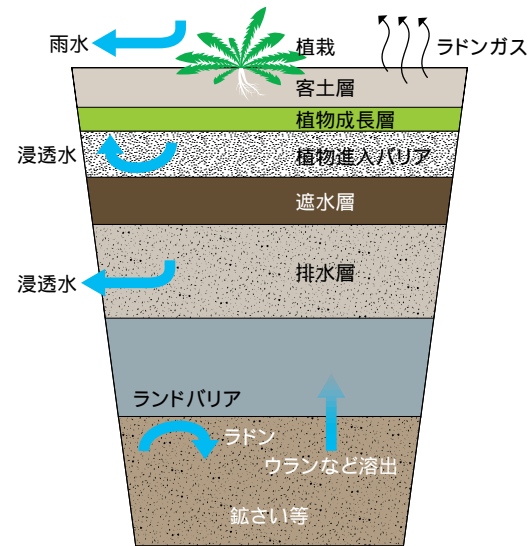


イメージをより確かなものにするために

構造の安定性は保たれるか？  
 たい積物からの溶出量の低減するため、たい積物への浸透水を抑え、また、たい積物から浸透した水の動きを抑えられるか？  
 たい積物からのウランやラジウムを溶出および流出を抑えられるか？  
 地表からの放射線を遮へいし、また地表からのラドンの発散を抑えられるか？ など



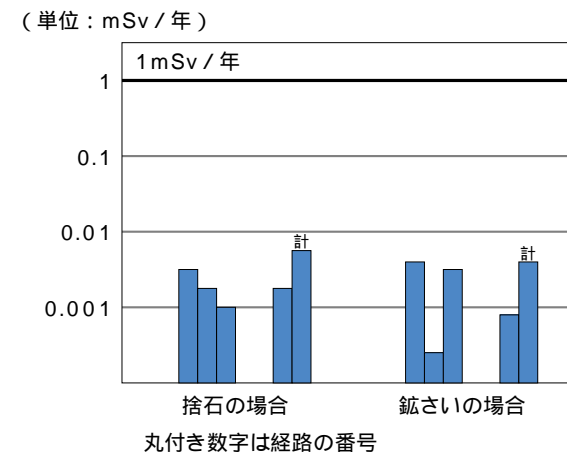
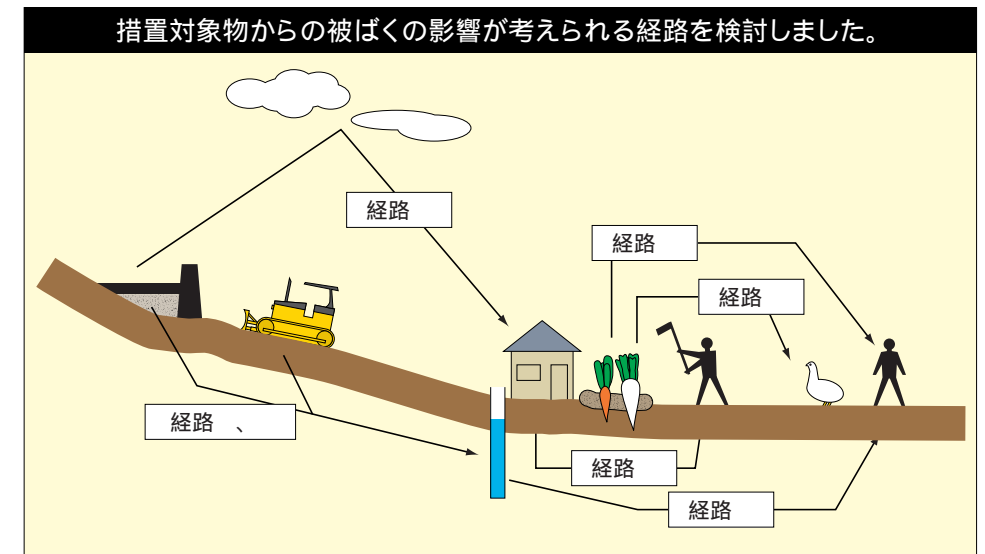
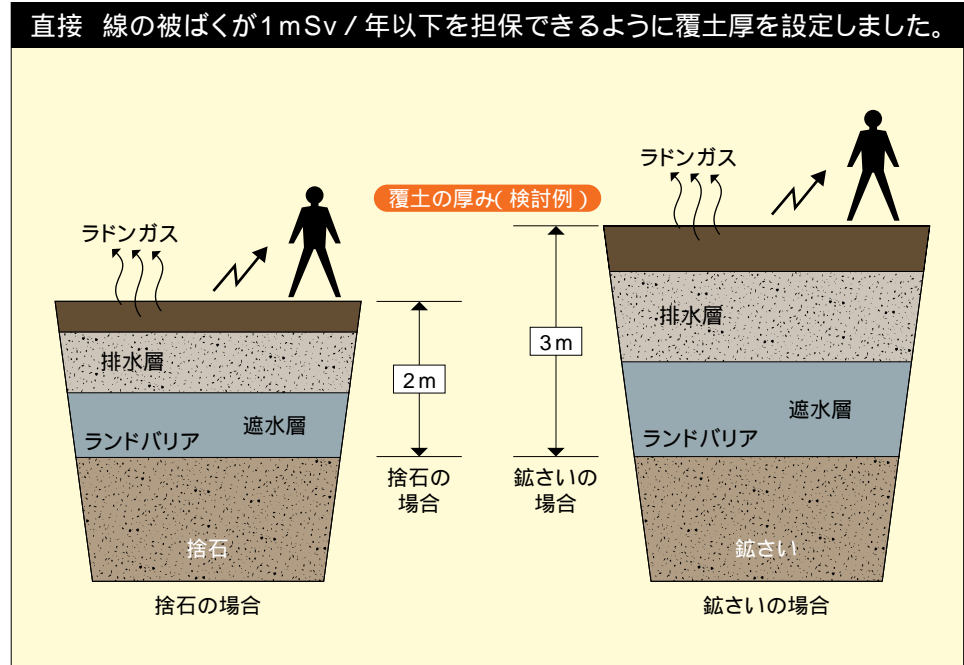
整形、覆土、植栽による対策を基本に



アメリカでの鉱さいの覆土概念

## イメージした措置の安全性をみる

整形、覆土、植栽を基本にした措置で、長期間にわたって放射線の影響を防ぐことができるか？ 放射性廃棄物処分の安全評価(シミュレーション)の方法を用いて検討してみました。



いま分かっている数値や仮に決めた地下水の量や速さといった条件を使って被ばく量を試算してみました。その結果、現在考えている方法で安全が担保できる見通しが得られました。

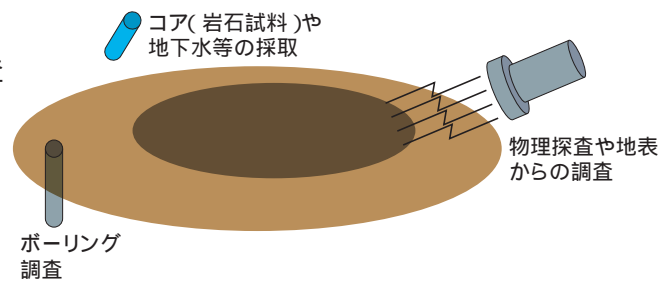
# Step2 措置イメージの具体化のための調査や実証試験

イメージした措置方法を、措置の環境や対象物に応じて具体的に設計しさらに安全を確かなものにしていくために、たくさんの技術的な課題を解決していく必要があります。周りの環境や対象物の特徴などを調べるのもそのひとつで、次の3つのステージで行います。

現地調査	実際に措置する周りの環境や、措置する対象物について現地調査します。ここでは、その場でしか得られない水やウランなどの動きに関する情報や、土木工学的なデータを取得します。
基礎試験	室内における試験で、ここでは措置する際に重要になる対象物や、バリア材料などの特徴や遮水性、溶出率などの必要なデータをカラム試験や分析によって取得します。
中規模試験	現地調査や基礎試験の結果などをもとに試験条件を決め、実際の措置の規模に近いスケールの設備で、覆土の条件などについて試験します。この試験では設備の有効利用の観点から、露天採掘した鉱石の選鉱のためのヒープリーチング施設のコンクリート製ピットを役立てる考えです。

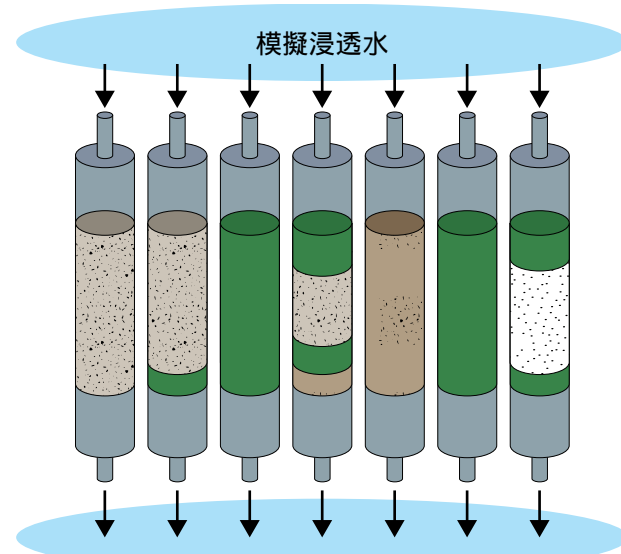
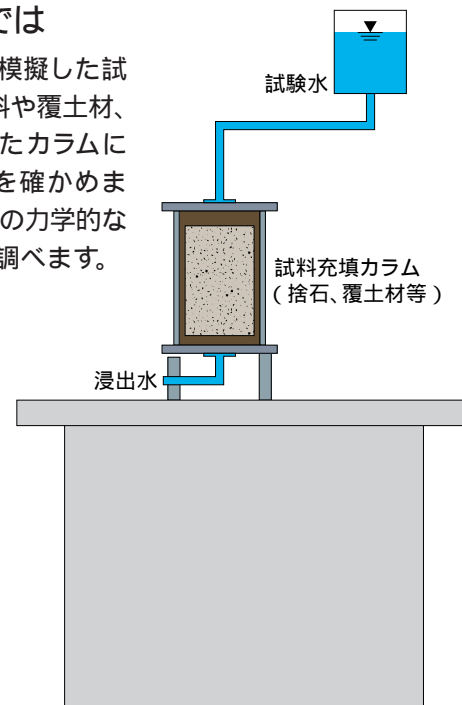
## 現地調査では

ボーリング孔を使ったり物理探査などによって調査します。

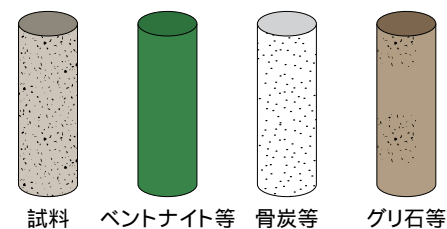


## 基礎試験では

雨水や土壌水を模擬した試験水を、岩石試料や覆土材、バリア材を詰めたカラムに注ぎ、溶出率等を確認めます。その他、試料の力学的な特徴等について調べます。



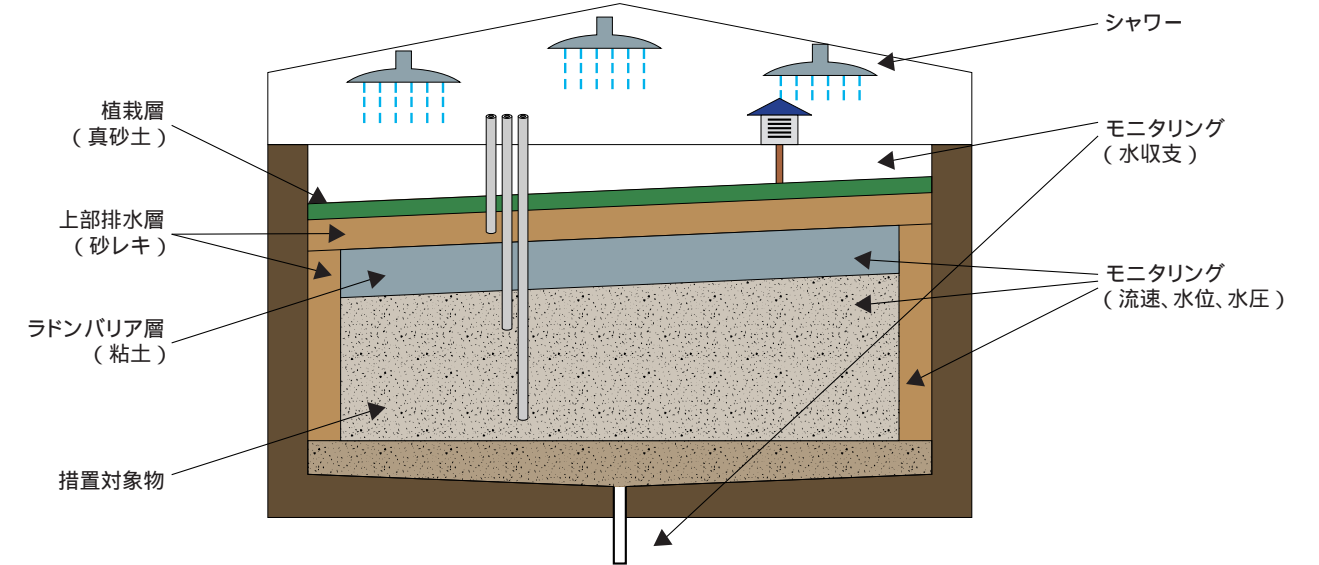
覆土材やバリア材の機能についても、組み合わせを変えたり厚みを変えるなどしてさまざまなデータを取得します。



## 中規模試験では

中規模試験では、次のようなことを確認します。

- ・実際に安全に措置が行えること。
- ・覆土の厚さや材料が、放射線の遮へいやラドンの封じ込めに十分機能すること。
- ・覆土による遮水性や透水性等が十分発揮されること。
- ・ウランやラジウムなどの浸透水への溶け出しを抑える機能が十分機能すること。



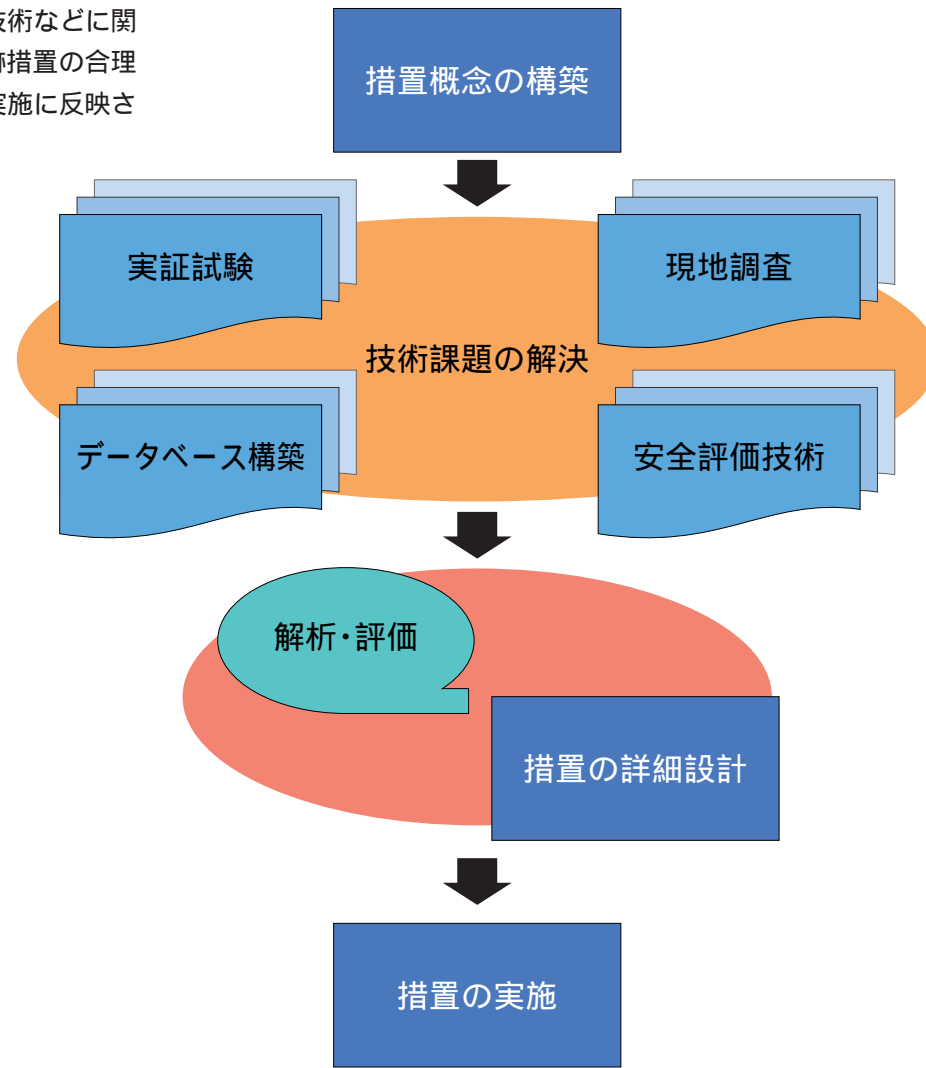
中規模試験では、既存のコンクリートピットを使って3年から5年かけて試験を行う考えです。コンクリートピットの大きさは、1つが約300m<sup>3</sup>(約15m(長さ)×約7m(幅)×約4.5m(深さ))で、3つのピットを使います。試験によってはさらに区切ってより多くの条件での試験を行うこともあります。

措置の実施までには、この他にも、長期的な対象地域の安定性や各種の基礎的なデータの取得といった現地調査や実証試験を通して行うものや、ラドンによる被ばく線量を評価するシミュレーション技術などについてひとつひとつの課題を解決していく必要があります。



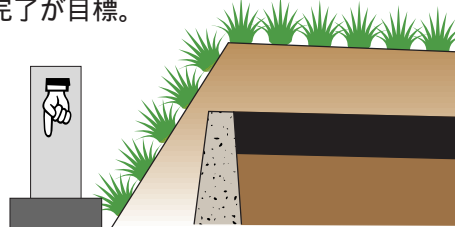
## Step3 跡措置の実施

現地調査や実証試験、安全評価技術などに関する技術課題への対応成果は、跡措置の合理化に役立つとともに設計および実施に反映されます。



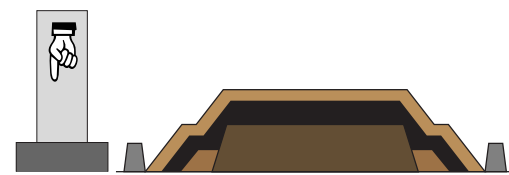
### 捨石たい積場

現地での措置を基本に、整形、覆土、植栽等を実施。方面捨石たい積場の措置が最優先。その他のたい積場についても早期完了が目標。



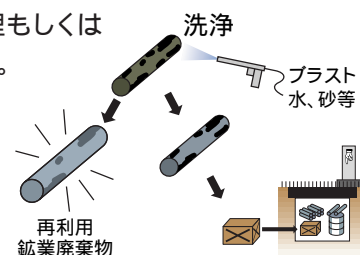
### 鉱さいたい積場

鉱さいたい積場への流入水を低減し、かつ坑廃水処理を合理化。鉱さいの固定化のためのドライアップ後、整形、覆土、植栽等を実施。



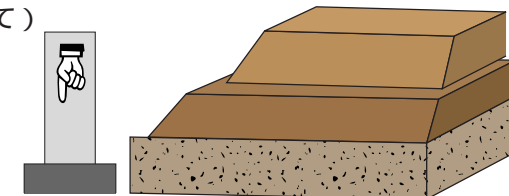
### 施設設備の解体物

解体し、リサイクル処理もしくは鉱業廃棄物として措置。



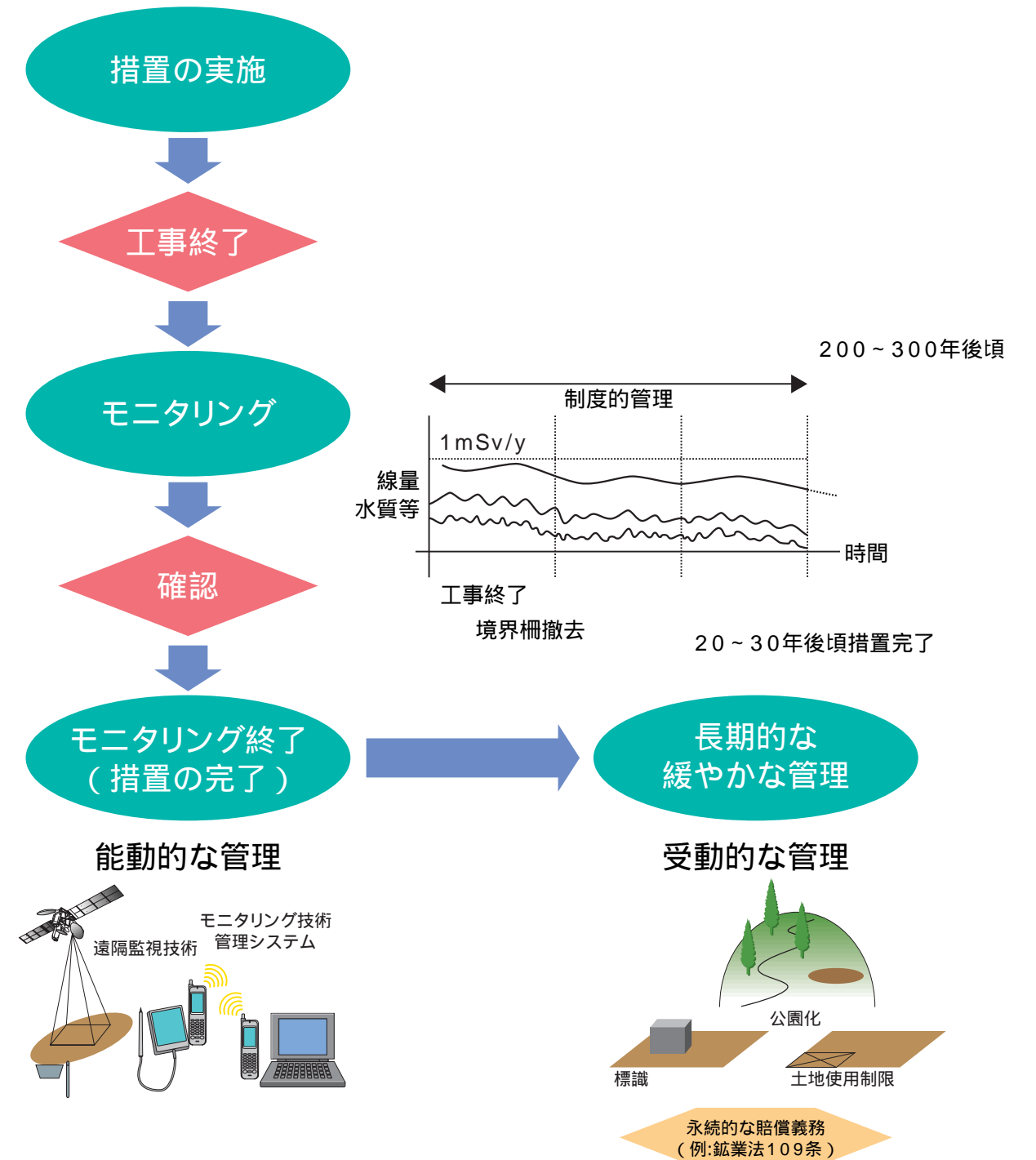
### 露天採掘場跡地

モニタリング頻度を軽減するなどし管理を継続。(措置前例として)



## Step4 跡措置実施後のモニタリングなど

跡措置の工事が終了した後は、工事の影響が収まり措置が実際に有効、かつ安全に機能しているか確認するためのモニタリングが必要です。そしてこのモニタリングの結果によって措置が完了となるものと考えています。現段階では以下のように考えています。



長期間にわたるモニタリング技術やその後の緩やかな管理の考え方を構築しておく必要があります。

措置完了後の利用方法については、記念公園化や運動公園などを視野に入れ、土地所有者および周辺自治体と協議しながら決めていく必要があります。