



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

(授業時間:2 時間)

目標

A. 学習のねらい:

1. 核廃棄物の輸送や適切な保障措置について生徒たちを教育すること
2. 廃棄物運搬に関連する米国連邦政府機関について生徒たちの知識を深める支援をすること
3. 社会政策問題としての核廃棄物運搬について、若者たちに十分な教育をすること

B. 学習の到達目標:

1. 原子力発電所で発生する放射性廃棄物の発生源や処理、処分についての説明
2. 高レベルと低レベルの放射性廃棄物の区分
3. 放射性廃棄物の指定や貯蔵において監視義務を持つ政府機関の識別

※ このLESSONプランは、米国原子力規制委員会の Teachers' Lesson Plans に基づき原文に沿って翻訳したものです。

※ このLESSONプランで紹介している内容は放射線の旧単位で説明しています。放射線の新旧単位表を参照してください。

調査ならびに背景

1. 生徒の知識レベル(用語等の紹介について):

生徒たちは、放射性廃棄物(すなわち発生源、処理、処分)についての正確な知識をほとんど、もしくはまったくもっていません。

2. 参考となる資料:

- a. Radioactive Waste「原子炉の概念」ワークショップマニュアル、米国原子力規制委員会
- b. 米国エネルギー省のユッカマウンテンのウェブサイト
- c. 使用済み燃料の乾式キャスク貯蔵の背景説明

3. 実験について:

生徒は、核廃棄物立方体を組み立てます。原子力発電所から 20 年間で排出される高レベル放射性廃棄物の米国民一人当たりの量を、その立方体内に収めることができます。これは、非放射性物質をすべてリサイクルした後に残る廃棄物量です。

4. 一般的事項:

放射性廃棄物は、原子力発電所でもう不要となった、処分可能な放射能をおびた物質です。



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

学級討論のための質問

1. 核貯蔵施設からの放射性廃棄物のごくわずかな漏えいは、検出できるでしょうか？ それはなぜでしょうか？
2. 微量であっても、放射性廃棄物の漏えいを直ちに検出することと、他の種類の有毒産業廃棄物の漏えいを検出することは、どう違うのでしょうか？
3. 低レベル放射性廃棄物の処分場が特別にあるのはなぜですか？
4. いくつかの州が提携して、数州のために役立つような単一の核廃棄物処分場を支援してきたのはなぜですか？
5. 高レベル放射性核廃棄物の処分場の選定をめぐる論争が起こっているのはなぜですか？
6. あなたの州(例:メリーランド州)に低レベル放射性廃棄物処分場がなかった場合、健康管理にどのような影響があるでしょうか？
7. 特殊な梱包容器は、内容物を保護するために作られていますか？ それとも、内容物が環境と接触するのを防止するために作られていますか？
8. 放射性不純物を取り除くために、液体はどのように処理されますか？

参考図書

The Harnessed Atom の教員版、米国エネルギー省

授業プラン

挨拶……

今日の授業では、一般的な廃棄物と特殊な廃棄物、核廃棄物に注目してみましょう。このテーマについては、生活における他のあらゆるものと同様、たくさんの疑問が出てくるでしょう。皆さんも、きっといくつか疑問をお持ちだと思います。うまくいけば、全部でなくても、ほとんどの疑問に対する答えがわかると思います。

廃棄物とは何でしょうか？

日々の生活の中で、人はごみを発生させます。皆さんの家族が1日、または1週間で、どれだけのごみを集めているか、考えてみてください。ファーストフード店へ1回行っただけで、袋、ストロー、清涼飲料のコップなど、どれだけのごみが出るかを考えてみてください。

何かを行ったり、生産したりすることで、一般産業からもごみが発生します。産業活動で残った物を産業廃棄物と呼びます。

すべての産業と同様に、原子力発電所からも廃棄物が発生します。原子力発電所の主要な懸案のひとつが、その廃棄物をどうするかということです。ここで、2つ目の疑問が浮かんできます。



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

原子力発電所の廃棄物をどうするかが、なぜ、そんなに問題になるのでしょうか？

原子力発電所の問題は、発生する廃棄物の量ではありません。量は、他の産業に比べかなり少量です。問題なのは、原子力発電所からの廃棄物には、放射能をもつ物があるからです。原子力発電所だけが、放射性廃棄物を発生するわけではありません。病院やその他の産業活動でも、大量の放射性廃棄物が発生します。重要なのは、放射性廃棄物を発生させる者すべてが、確実に、特別な注意を払ってこうした物質を処分し、従業員や公衆ならびに環境を守るようにすることです。

処分方法は、廃棄物の、放射能の強さ、半減期、そして物理的及び化学的形態によって異なります。これらを考慮することにより、核廃棄物の適切な処分方法が識別できます。

学級活動として“核廃棄物立方体”を紹介します

生徒は、核廃棄物立方体を組み立てます。米国では原子力発電所から 20 年間で排出される高レベル放射性廃棄物の国民一人当たりの量を、この立方体内に収めることができます。これは、非放射性物質をすべてリサイクルした後に残る廃棄物量です。

発電所で不要になった、将来的価値もない、処分可能な(固体、液体、ガス状の)物質が、放射性廃棄物です。では、放射性廃棄物の例をいくつか挙げてみましょう。

1. 燃料集合体の被覆管内部の放射性核分裂生成物
2. 原子炉浄化系のフィルターと脱塩装置に捕集された放射化生成物
3. 放射能のある水を拭き取るために使われたペーパータオルや雑巾
4. 放射能汚染された設備の部品
5. 閉鎖、または廃炉となった施設からの圧力容器、配管設備、格納構造物

原子力発電所からの放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物、もしくは高レベル放射性廃棄物のどちらかに分類されます。



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

低レベル放射性廃棄物とは何でしょう？

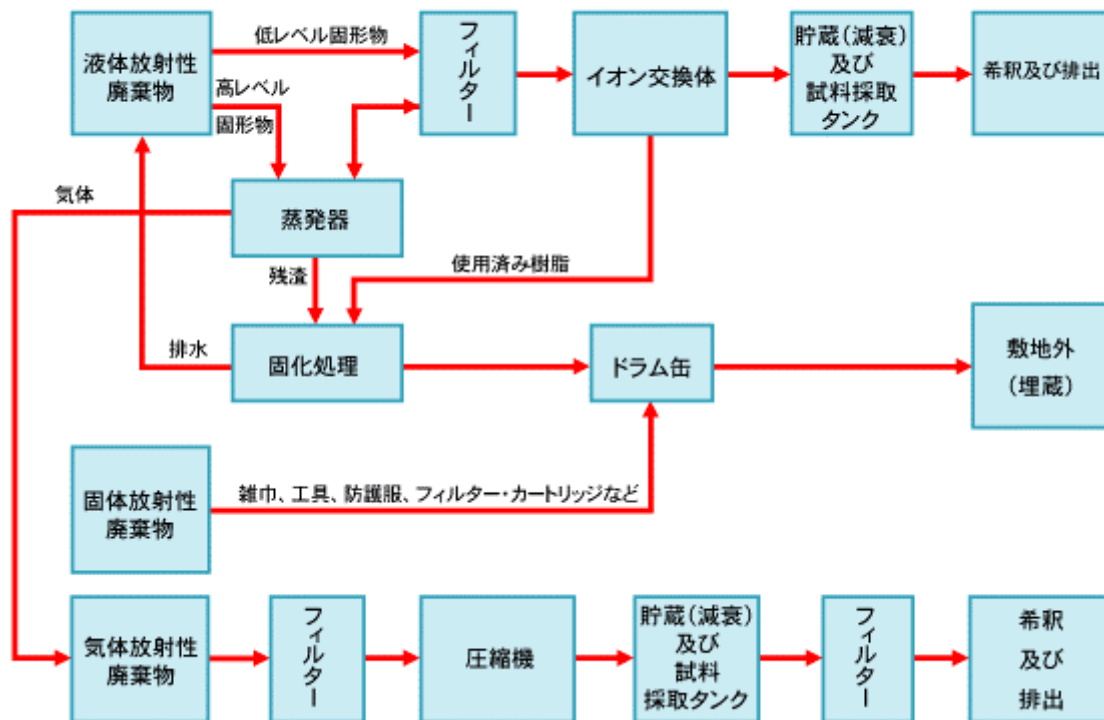
放射能がほんのわずかで、少量の放射線を発している廃棄物を低レベル放射性廃棄物と呼びます。実際、低レベル放射性廃棄物は、病院、大学、企業、そして原子力発電所等から、どの州においても発生しています。この廃棄物には、フィルター、雑巾、実験用品や廃棄された防護服のような物が含まれます。

原子力発電所から排出される放射性廃棄物のほとんどは、低レベルです。低レベル放射性廃棄物の主な発生源は、原子炉冷却材(冷却水)やその冷却材に接触する部品や装置です。原子力発電所から排出される低レベル放射性廃棄物の主な構成物質は、放射化生成物と微量の核分裂生成物(燃料棒から漏れがあった場合)です。これには、原子炉の使用済み燃料は含まれません。

低レベル放射性廃棄物の放射線放出量はとてもわずかなので、通常、スチール製ドラム缶に密封され、特定の処分場に埋められます。現在、米国内の原子力発電所から出るほとんどの低レベル放射性廃棄物は、サウスキャロライナ州バーンウエルとワシントン州ハンフォードにある2つのサイトで処分されています。低レベル放射性廃棄物の入ったドラム缶は、特別に設計された溝に設置され、土と充てん粘土で、最低でも地下6フィートの深さに埋められます。埋設したものが安定した状態であることを裏付けるために、溝に放射能の漏れがないか常時監視しています。

この図で、典型的な放射性廃棄物の処理システムを見てみましょう。(注: 廃棄物の処理過程をたどりなさい。)

放射性廃棄物処理システム





ユニット4 第4編 放射性廃棄物

低レベル放射性廃棄物内の放射性粒子は、人々が自然から受けるのと同じ種類の放射線を放出します。低レベル放射性廃棄物のほとんどが、何ヶ月、もしくは何年かで、自然放射能と同レベルまで減衰します。実際、すべての低レベル放射性廃棄物が、300年以内に自然のレベルまで減少します。アメリカでは、低レベル放射性廃棄物についての厳しい規制があります。

例えば、米国原子力規制委員会は、原子力発電所を含む、低レベル放射性廃棄物を発生する施設の多くに対する認可権を持っています。同委員会は、低レベル放射性廃棄物処分の規制も行っています。一方、米国環境保護局は、公衆を放射線から守るための一般基準を作成します。

米国エネルギー省は、各州と低レベル放射性廃棄物管理に関する国家計画を調整します。米国地質調査局は、計画サイトの水文学的、地質学的調査の技術的支援を行います。

議会で制定された法律により、各州政府は、自州内で発生する低レベル放射性廃棄物の処分、及び地域協定の締結の義務を負っています。また、州政府は連邦基準に準じたサイトの選択と認可、そしてその運転を監視する義務を負っています。

高レベル放射性廃棄物とは何でしょうか？

発電所から排出される廃棄物で、放射能が非常に強いものを高レベル放射性廃棄物と呼びます。例えば、商業用原子力発電所から出る高レベル放射性廃棄物の99パーセントは、ほぼエネルギーを放出し終わった、使用済み核燃料(金属製燃料棒の中のウランペレット)から発生します。核分裂の過程で、燃料にある変化が起こるのです。

ほとんどの核分裂片(原子が分裂した後に残る破片)は、放射能をもっています。時間経過と共に、これらの閉じ込められた核分裂片によって、連鎖反応の効率が悪くなります。ですから、およそ18ヶ月毎(米国)に、すでにエネルギーを放出し終えた最も古い燃料集合体を取り出され、新しい燃料に交換されます。

原子炉から取り出された燃料は、使用済み燃料と呼ばれます。使用済み燃料は、放射能が非常に強く、この放射能が、大量の熱を発生します。使用済み燃料は、原子炉から取り出された後、水を張り、スチールで内張りされたコンクリート製の貯蔵施設(または空気冷却される乾式貯蔵キャスク)に入れられ、原子力発電所の敷地内で貯蔵されます。水が使用済み燃料を冷却し、かつ放射線から作業員を守る遮へい材の役目を果たします。

すでにお話ししてきたように、貯蔵中に使用済み燃料は冷却され、また放射性壊変により放射能のほとんどを失い始めます。放射性壊変については、すでに話しました。例えば、3ヶ月後には使用済み燃料の放射能は、50パーセント失われ、一年後には約80パーセントが失われます。そして10年後には90パーセントが失われるのです。しかし、いくらかの放射能は、何千年もその有害性を失いませんので、廃棄物は慎重に、そして永久的に環境から隔離しておかなければなりません。

敷地内での貯蔵は、環境的に安全ではありますが、今日必要とされるのは、既存の高レベル放射性廃棄物や将来、排出される高レベル放射性廃棄物のための永久的な処分場、すなわち貯蔵施設です。これまでに、世界中の科学者が、高レベル放射性廃



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

棄物の貯蔵問題を解決するには、地下深部に処分することだという点で、同意しています。

実際、深地層貯蔵施設は、米国科学アカデミーといった、独立した科学団体によって支持されています。

[先生はここでこれらの団体を紹介することもできます。]

1982年に、米国議会で放射性廃棄物政策法が可決されました。この法律により、アメリカ初の高レベル放射性廃棄物貯蔵施設のサイト選択、建設と運営のスケジュールが立てられました。1987年には、議会がエネルギー省に貯蔵施設候補としてユッカマウンテンを調査するよう指示しました。2002年2月には、エネルギー省が、ユッカマウンテンを貯蔵施設として開発することを推薦しています。

しかし、サイト承認や貯蔵施設建設・運営以前に、何千年間にわたって、市民の健康と安全が守られることを科学的に証明する必要があります。貯蔵施設は、米国原子力規制委員会の厳しい安全規制を満たすものでなければなりません。さらに、米国環境保護局、ネバダ州、米国大統領が任命する技術審査委員会も、監視を行う必要があります。

この高レベル放射性廃棄物は、とても長い期間にわたり、錆びたり、溶けたり、また分解したりしない、セラミック状の材料に転換されることが多いようです。次に、このセラミック廃棄物は、重金属製の缶に密封され、固い岩石地層の地下深くに埋められます。地下水に決して放射性物質が漏れいしないことが不可欠なので、貯蔵施設は、安定した乾燥岩石地層に設置されることもあります。

決して安易に扱ってはならない強力な力である原子力エネルギーには、非常に専門的かつ高度な技術的配慮が要求されます。けれども、その危険性が誇張されることがあってもなりません。人間や環境に悪影響を及ぼすことなく、高レベル放射性廃棄物を安全に責任を持って隔離する技術が存在するのです。永久貯蔵施設を建設することで、安全性は確実となります。また、原子力エネルギーを使うことで、米国は今後何年にもわたって、クリーンで豊富な電力を得ることができるのです。

質問に対する答え

1. Q. **核貯蔵施設からの放射性廃棄物のとてもわずかな漏れいは、検出できるでしょうか？ それはなぜでしょうか？**

A. できます。放射線はガイガー計数管やそれと同じような計測器によって検出できます。
2. Q. **微量であっても、放射性廃棄物の漏れいを直ちに検出することと、他の種類の有毒産業廃棄物の漏れいを検出することとは、どう違うのでしょうか？**

A. 放射能は、ガイガー計数管で簡単に検出することができるので、他のほとんどの有害、または有毒廃棄物よりも簡単に検出できます。放射性廃棄物以外の有害、または有毒廃棄物の漏れは、往々にして臭い、色、または時間のかかる高感度の化学的分析方法で検出されます。
3. Q. **低レベル放射性廃棄物の処分場が特別にあるのはなぜですか？**

A. 低レベル放射性廃棄物を環境から隔離する必要があるからです。



ユニット4 第4編 放射性廃棄物

4. **Q. いくつかの州が協定を結んで、数州のために役立つような単一の核廃棄物処分場を支持してきたのはなぜですか？**
- A. 米国議会で 1980 年に可決された低レベル放射性廃棄物政策法は、各州が自州内で発生する低レベル廃棄物の処分を行うことを義務づけているからです。
5. **Q. 高レベル放射性廃棄物の処分場の選定をめぐる論争が起こっているのはなぜですか？**
- A. これらの処分場に貯蔵される廃棄物は、放射能が強く、何千年の間その状態が続くため、多くの市民が自分たちの近くに処分場が建設されることに反対しているからです。市民は、放射性物質がなんらかの形で環境に浸透する(漏れる)ことを心配しているのです。
6. **Q. あなたの州(例:メリーランド州)に利用できる低レベル放射性廃棄物処分場がなかった場合、健康管理にどのような影響があるでしょうか？**
- A. 利用できる低レベル放射性廃棄物処分場が存在しなければ、この州では放射性物質は活用されないかもしれません。
7. **Q. 特殊な梱包容器は、内容物を保護するために作られていますか？ それとも、内容物が環境と接触するのを防止するために作られていますか？ 容器や埋設処分場は、内容物が環境に出て行くことを防ぐためにどのように設計されていますか？**
- A. 内容物が環境と接触しないように設計されています。
8. **Q. 放射性不純物を取り除くために、液体はどのように処理されますか？**
- A. a. ろ過する。
b. 脱塩装置に通す。
c. 水分を沸騰蒸発させ、固体不純物を残し、固体廃棄物として処理する。
d. 液体を貯蔵して放射性物質を減衰させる。

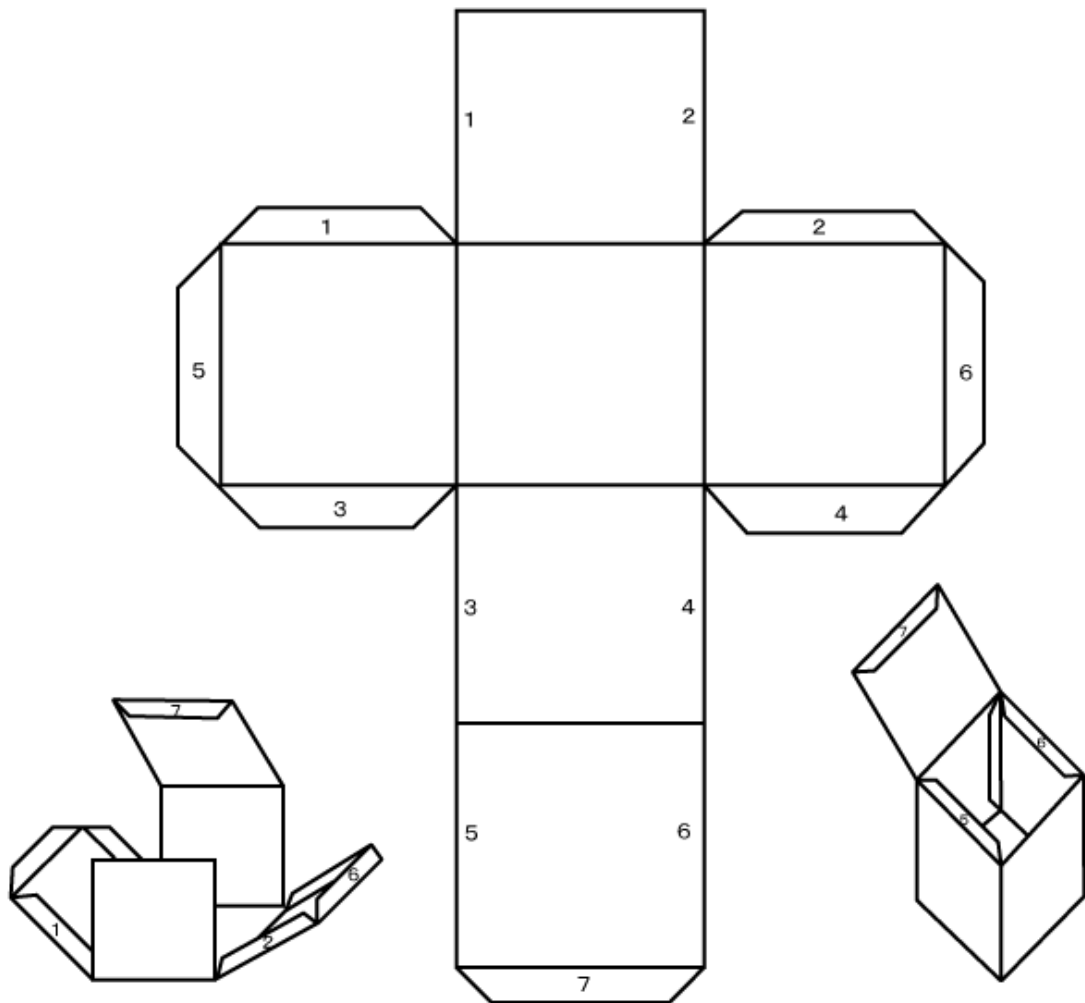


学級活動6:核廃棄物立方体

核廃棄物立方体

材料: はさみのり、またはテープ

指示:
図解を参考にして、型紙を切り取り、立方体を作りなさい。



米国では、原子力発電所から20年間で排出される高レベル放射性廃棄物の国民一人当たりの量を、この立方体内に収めることができます。これは、利用可能な物質をすべてリサイクルした後に残る廃棄物量です。