



ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

(授業時間:1 時間)

目標

A. 学習のねらい:

1. 放射性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. 放射性物質の運搬に関わる懸案について討議する
2. 放射性物質の運搬に使用される各種の輸送容器を識別する
3. 国連の放射性物質の分類体系について説明する
4. 放射性物質の運搬に関わる米国原子力規制委員会 (NRC: The U.S. Nuclear Regulatory Commission)、米国運輸省 (DOT) その他の機関の役割について説明する

※ このレッスンプランは、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。

※ このレッスン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、放射性物質の運搬に関連する多くの懸案や用語についての知識をほとんど持っていません。

2. 参考となる資料:

- a. Transportation of Radioactive Materials「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. 使用済み燃料と放射性物質の運搬についての背景説明
- c. Safety of Spent Fuel Transportation (NUREG/BR-0292)

3. 実験について:

この編では、実験や実演は予定されていません。

4. 一般的事項:

放射性物質の輸送を管理するための規制は、1935年に米国郵政省 (USPS) によって始められました。何年にもわたって、州際通商委員会 (ICC)、現在の陸上輸送委員会 (Surface Transportation Boars) が関わってきました。少なくとも5団体が、放射性物質の輸送を管理する規則の開発を行なっています。これら団体の中には、米国原子力規制委員会 (NRC) と、米国運輸省 (DOT)、



ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

米国郵政省 (USPS)、米国エネルギー省 (DOE)、各州が含まれています。これら機関の中で、主に米国運輸省と米国原子力規制委員会が、国際原子力機関 (IAEA)によって定められた基準に基づいた規則を発行しています。

学級討論のための質問

1. 原子力発電所からの廃棄物の問題は何でしょう？
2. 使用済み燃料集合体の運搬に関連する3つの事柄は何でしょう？
3. アメリカでは、低レベル放射性廃棄物が最もたくさん出ているのは原子力発電所からですか？ どこから出ているのでしょうか？
4. 試験の際、使用済み燃料キャスクの内容物は、どれくらいの速度で走る列車にぶつかっても無傷でなければなりませんか？
5. すべての危険物質の分類を指定している国際機関は何ですか？
6. 放射性物質の輸送を規制する規則作りをしている5つの機関を挙げなさい。
7. 放射性物質は、その運搬の目的ではどのように定義されていますか？
8. 放射性物質の運搬に用いられる3種類の基本的な輸送容器はどのようなものですか？
9. なぜ、放射性物質の入った輸送物に標識や表示が使用されるのですか？
10. キャリアとは何ですか？
いくつの分類がありますか？ それらはどのように呼ばれていますか？

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……

毎日、何億人ものアメリカ人の生活が、原子力エネルギーで改善されています。重病が診断され、治療されます。飛行機や橋梁から、清涼飲料水やエアゾール缶に至る商品が、安全や品質の検査を受けます。

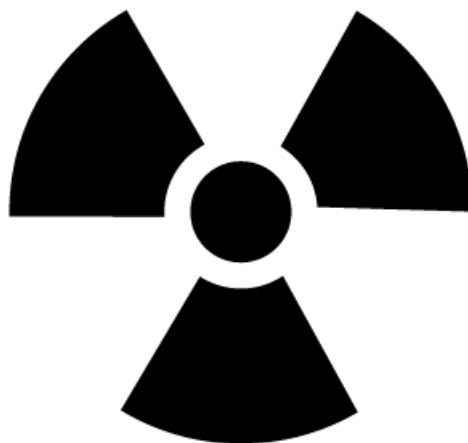
こういった恩恵を得るには、放射性物質を、ある場所から別の場所へ輸送しなければなりません。放射性物質の輸送は、それに携わる企業や、こうした企業を規制する政府機関が気をつけているお陰で、これまで公衆の安全に注意を払い実施されてきました。

放射性物質の輸送を管理するための規制は、1935年に米国郵政省によって始められました。何年にもわたって、州際通商委員会(ICC)、現在の陸上輸送委員会(Surface Transportation Board)が関わって来ました。少なくとも5団体が、放射性物質の輸送を管理する規則を作成しています。

これらの団体は、米国運輸省(DOT)と、原子力規制委員会(NRC)、米国郵政省(USPS)、米国エネルギー省(DOE)、各州です。これらの機関のうち、主に米国運輸省と米国原子力規制委員会が、国際原子力機関(IAEA)が開発した基準に基づいて規則を発行しています。

米国原子力規制委員会と米国運輸省が共同して放射性物質の輸送を管理する責任を負っています。米国運輸省の規制は詳細で、輸送容器や、荷主とキャリア(運搬人)の責任、必要書類、免責される量から非常に高いレベルにわたる全レベルの放射性物質に関して、輸送におけるすべての側面を網羅しています。

一方、米国原子力規制委員会の規制は、主として、量がさらに多いものについての特殊な輸送容器の要求事項に関わっています。輸送を目的とする場合には、放射性物質は、1グラム当たり 0.002 マイクロキュリー以上の比放射能を持つ物質と定義されます。この定義では、量ではなく、濃度のみで規定されています。[放射能のシンボルマークを見せなさい。]





ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

輸送事故は防ぐことができないので、ごくわずかな危険性をもつ物質の日常的取扱い状況での安全を確かなものとするのと、高い危険度の物質に対して、あらゆる状況での健全性を確かなものとするを目的として規則が制定されています。

これらの目標は、輸送物に対して、以下の点が可能であることで達成できます。

- ・ 物質を包み込んでいること(漏えいを防止する)
- ・ 異常な出来事(例えば臨界)を防止する
- ・ 外部への放射線を安全なレベルに下げる(遮へいする)

今日は、高レベル放射性廃棄物、すなわち使用済み燃料の輸送について話し合ってください。使用済み燃料を原子力発電所から輸送する際には、たとえ想像できる最悪の事故状態になっても、わずかでも放射能が周囲に漏れないように特別な注意が払われます。

使用済み燃料は、20～100 トンの重いキャスクに入れられて輸送されます。運搬手段(トラック、バージ、貨車)毎に、異なるキャスクが使用されますが、すべてのキャスクは下記のような一連の苛酷な試験に合格しなくてはなりません。

- ・ 動かない物体との衝突(30 フィートの高さから鉄筋コンクリートの上に落下させるなど)
- ・ 鋼製の突起物の上に 40 インチの高さから落下する
- ・ 高温(ガソリン)の炎で 30 分間燃やす
- ・ 水中に 8 時間沈める

これらの試験は、高速度カメラによって注意深く監視、測定されます。これにより技術者や科学者は、事故を模擬した条件でこれらの容器を研究することができます。

事態が悪くなり得ないことを二重に確認するために、使用済み燃料キャスクは、現実には発生し得る極限の事故の状況下でも試験されています。例えば、ある試験では、キャスクを運搬するトラックが、頑丈なコンクリートの壁に時速 85 マイルで衝突し、別の試験では、3 台の貨車を牽引する 140 トンの機関車が、時速 100 マイルでキャスクの側面に突っ込みました。どちらの場合も、キャスクから放射性廃棄物はまったく漏れませんでした。

使用済み燃料の輸送準備がどのようになされるのか詳しく見てみましょう。まず、原子炉からの使用済み燃料集合体は、(冷却後)キャスク内に入れられ、キャスクが密封されます。次に、キャスクの外側が洗浄され、放射能が計測、もしくは測定されます。三番目に、キャスクは運搬用のトラックや貨車に積み込まれます。

しかし、輸送を開始できる前に、輸送車両にキャスクが適切に積載されているか確認するために2度目の検査が行われなければなりません。最後に、使用済み燃料キャスクと輸送車両の両方に標識を貼らねばなりません。

キャスクがトラックで輸送されるための要求事項すべてに適合しなければならないことに加え、トラック運転手は、放射性物質の危険性と、交通規則、緊急時の処置に対する訓練を受けねばなりません。キャスクを運搬するトラックの走行ルートも、大都市や好ましくない道路状況を避けるように注意深い配慮がなされます。

高レベル放射性廃棄物の輸送であれ、低レベル廃棄物の輸送であれ、これらがどのように梱包されるのが最も重要な考慮



ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

事項です。輸送容器には、堅牢密閉輸送容器（STC）と、A型輸送容器、B型輸送容器の基本的な3つの種類があります。堅牢密閉輸送容器（STC）の特徴は、規則では指定されていませんが、A、B型については、米国運輸省の規則で非常に細部にわたる要求事項が定められています。

堅牢密閉輸送容器（STC）は、通常の運搬の取扱いに耐えるように設計されています。本質的には、A地点からB地点まで内容物が漏れずに運搬されれば、その輸送容器は堅牢な密閉輸送容器と分類されます。

一方、A型輸送容器は、通常の運搬の取扱いと小さな事故に耐えるように設計されています。B型輸送容器は、苛酷な事故に耐えなければなりません。

臨界事故に巻き込まれる可能性のある核分裂性物質（使用済み燃料）は、さらに別の輸送物要件が加わります。

輸送物に表示を行ない、標識を貼り、輸送車両に標札をつけることも放射性物質の運搬の重要な側面です。表示は、標準の用語や記号を使用することで、輸送する収納物がわかるようにデザインされています。[「表示」を見せなさい。]



表示は、標準の用語や記号を使用することで、輸送する収納物がわかるようにデザインされています。



ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

標識は、輸送容器に収納された内容物の危険の種類と危険の程度を視覚的に表示するために使用されます。標識は、基本的に、危険を表示するシンボルマークによっています。[「標識」を見せなさい。] 放射性物質の運搬に対する輸送容器の要件は、収納物の放射能に基づいていますが、輸送物に貼る標識は、輸送物の外側の放射線の危険性に基づいて要求されます。



標識区分の要求事項

標識	表面線量レベル		1メートル離れた位置での線量レベル
第1類白標識	毎時 0.5 ミリレムを超えないこと		(適用なし)
第2類黄標識	毎時 50 ミリレムを超えないこと	及び	毎時 1 ミリレムを超えないこと
第3類黄標識	毎時 50 ミリレムを超えるもの	もしくは	毎時 1 ミリレムを超えるもの

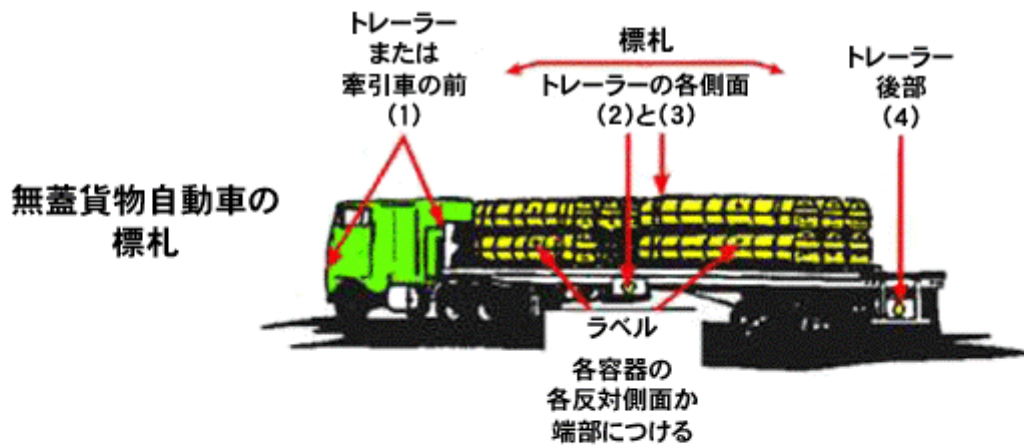
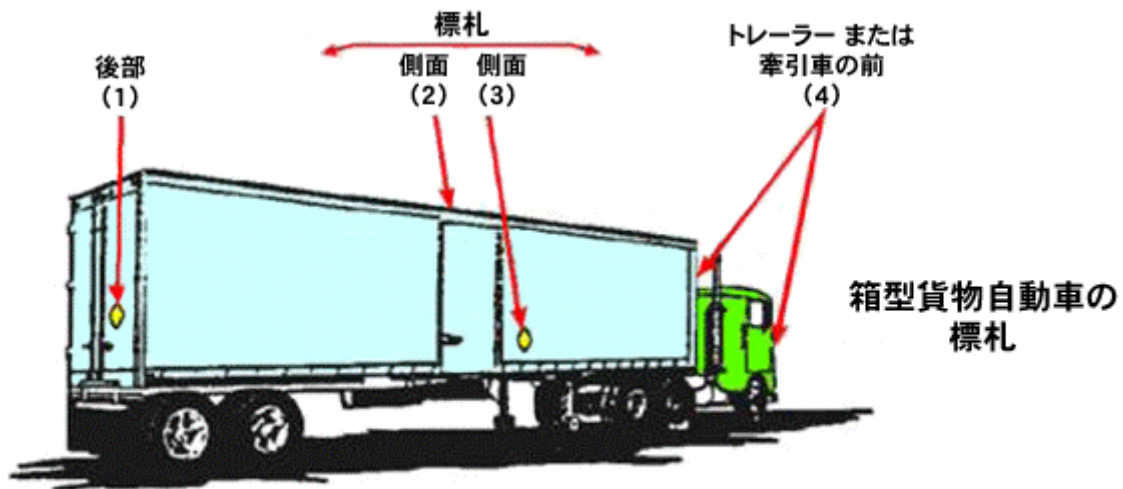
この標識を用いるのは危険物質の中でも放射性物質だけであり、輸送物の外側の相対的な放射線レベルによって、3種類の標識のどれかが選択されます。また、放射性物質に対する標識だけが、荷主がいくつかの情報を標識上に書かなくてはならないものです。情報というのは、輸送指数(TI)と呼ばれる数字で、実際は、輸送物の表面から1メートル離れた所での最高放射線レベルの数値です。

3種類の標識は、普通、標識の色と目立つように記載されたローマ数字にちなんで、第1類白標識、第2類黄標識、第3類黄標識と呼ばれています。表面線量レベルの限界値と1メートルでの線量限界値が「標識」の図中に示された標識区分の要求事項を満たしているか否かにしたがって、特定の標識が必要となります。

標札は、車両の外側に設置される大き目の標識です。輸送物用の標識とは異なり、標札は1種類だけで、情報を記載する必要はありません。[「標札」を見せなさい。] 標札は、車両が第3類黄標識のついた輸送物が低比放射能物質を運ぶ場合にのみ必要となります。



ユニット5 第5編 放射性物質の運搬



標札は、車両の外側に設置される大き目の標識です。輸送物用の標識とは異なり、標札は1種類だけで、情報(つまりTI)を記載する必要はありません。実際は、第3類黄標識やLSA物質(低比放射性物質)を含んだ輸送物を運搬する車両の場合にのみ、車両への標札の設置が義務づけられています。もし、運搬される物質の量が、高速道路のルート管理される量を超える場合には、菱形の看板の周りが、四角の黒い線で縁取られています。

使用済み燃料の保管と輸送における著しい安全の記録は、事故がまったくないことです。これは、公衆の安全や環境保護を第一に考えた方針、そして作業員や、公衆、環境を損なうことのないように、使用済み燃料の取扱いと輸送容器の管理を実践した賜物です。



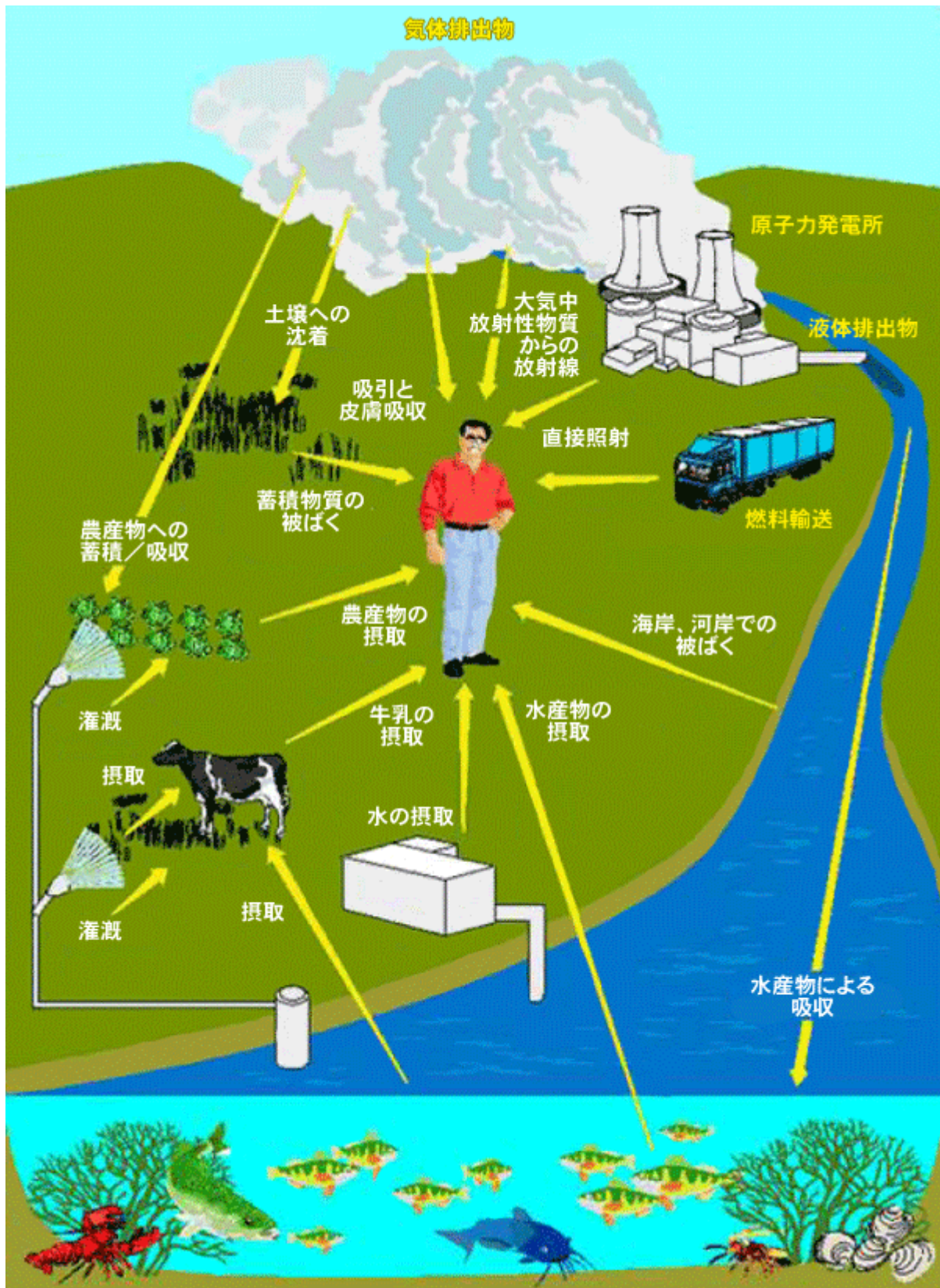
ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

学級討論のための質問に対する答え:

1. **Q. 原子力発電所からの廃棄物の問題は何でしょう？**
A. 原子力発電所からの廃棄物には、放射能があるものがあります。
2. **Q. 使用済み燃料集合体の運搬に関連する3つのことは何でしょう？**
A. a. 使用されるキャスクが実際に機能するか確認するための一連の試験
b. 使用済み燃料キャスクを注意深く積載し、また、適切に設置されているかの注意深い検査
c. 放射性物質の危険性と、交通規則、緊急処置に関するトラック運転手の訓練
3. **Q. アメリカでは、低レベル放射性廃棄物が最もたくさん出ているのは原子力発電所ですか？ どこから出ているのでしょうか？**
A. いいえ。低レベル放射性廃棄物は、病院や産業から排出されます。
4. **Q. 試験の際、使用済み燃料キャスクの内容物は、どれくらいの速度で走る列車にぶつかっても無傷でなければなりませんか？**
A. 時速 80 マイル
5. **Q. すべての危険物質の分類を指定している国際機関は何ですか？**
A. 国連
6. **Q. 放射性物質の輸送を規制する規則作りをしている5つの機関を挙げなさい。**
A. a. 米国運輸省(DOT)
b. 米国原子力規制委員会(NRC)
c. 米国郵政省(USPS)
d. 米国エネルギー省(DOE)
e. 各州
7. **Q. 放射性物質は、その輸送の目的ではどのように定義されていますか？**
A. 放射性物質は、1グラム当たり 0.002 マイクロキュリー以上の比放射能をもつすべての物質として定義されます。この定義は、量ではなく、濃度のみです。
8. **Q. 放射性物質の運搬に用いられる3種類の基本的な輸送容器はどのようなものですか？**
A. a. STC(通常の運搬時の取扱いに耐えるように設計される堅牢密閉輸送容器)
b. A型輸送容器(通常の運搬時の取扱いと小さな事故に耐えるように設計される)
c. B型輸送容器(苛酷な事故に耐えることができる)
9. **Q. なぜ、放射性物質の入った輸送物に標識や表示が使用されるのですか？**
A. 標識は、輸送する収納物の危険の種類とレベルを視覚的に表示するために使用されます。表示は、標準の用語や記号を使用することで、収納物がわかるようにデザインされています。
10. **Q. キャリアとは何ですか？
いくつの分類がありますか？ それらはどのように呼ばれていますか？**
A. キャリアとは放射性物質を運搬する運搬人のことです。
それらには 3つの分類があり、公共、請負、自家用です。



気体排出物





ユニット5 第5編 放射性物質の運搬

気体および液体状の放射性廃棄物は、処理された後、環境へ放出されることがあります。これが原因で、一般公衆が被ばくする可能性があります。上の線図は、公衆の一人に被ばくをもたらす可能性のあるいくつかの経路を示しています。

排出された液体は、水産物の生育によって取り込まれ、それが個人によって消費されるかもしれません。水は、農産物の灌漑に使用されたり、飲み水として処理されたりします。また、水泳や日光浴などのように、水辺では個人は放出物から直接被ばくすることもあり得ます。

気体放出物は、個人に吸引されることで被ばくをもたらすかもしれません。また、その人が放出場所の近くにいる場合には、直接被ばくの原因ともなることがあります。

固体の放射性廃棄物と燃料の輸送もまた、普通の個人の被ばくをもたらします。

こうした過程のすべてによって受ける被ばく量は、年間平均で受ける放射線量と比較するとごくわずかです。また、原子力発電所から公衆の一人が受けるかもしれない被ばく量には制限が設けられています。