

下水汚泥焼却灰の 安全な処分について

川崎市上下水道局



下水汚泥焼却灰の 安全な処分について

第1章

下水汚泥焼却灰の保管の経緯について

- 1.1 はじめに
- 1.2 焼却灰から放射性物質が検出される理由
- 1.3 保管量と放射性物質濃度

第2章

放射線の基礎知識

- 2.1 放射線の性質
 - ①放射線とは何か？
 - ②放射線の種類
 - ③外部被ばくと内部被ばく
 - ④放射線の有効利用
- 2.2 日常生活と放射線
 - ①身近にある放射性物質
 - ②自然界に存在する放射線の影響

第3章

下水汚泥焼却灰（保管灰）の処分について

- 3.1 焼却灰処分の法令上の基準
- 3.2 各国が定めた一般公衆の線量限度
- 3.3 焼却灰（保管灰）処分に伴う作業員や一般公衆の安全性の検討
- 3.4 有識者の評価と今後の方針
- 3.5 安全性評価結果と身のまわりの放射線被ばくの比較

第1章

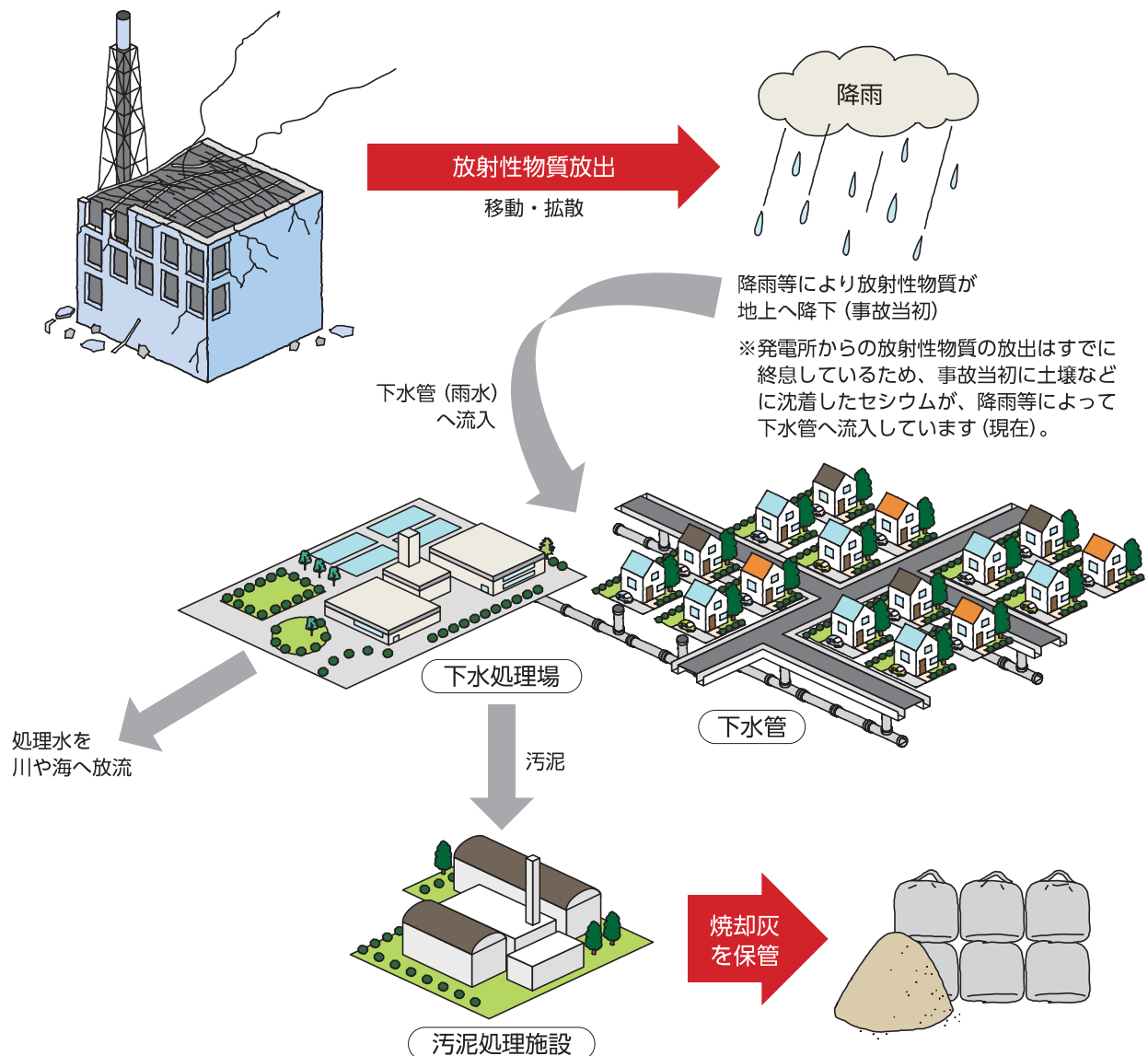
下水汚泥焼却灰の保管の経緯について

1.1 はじめに

平成23年3月11日の東日本大震災の直後に起こった東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故（以下東電原発事故）の影響で、川崎市でも下水汚泥焼却灰から放射性物質（放射性セシウムなど）が検出されました。

原因としては、原子力発電所から風に乗って移動し、地表に降下して、土壌や建物の表面に沈着した放射性セシウムが降雨により下水道に流入していると考えられています。

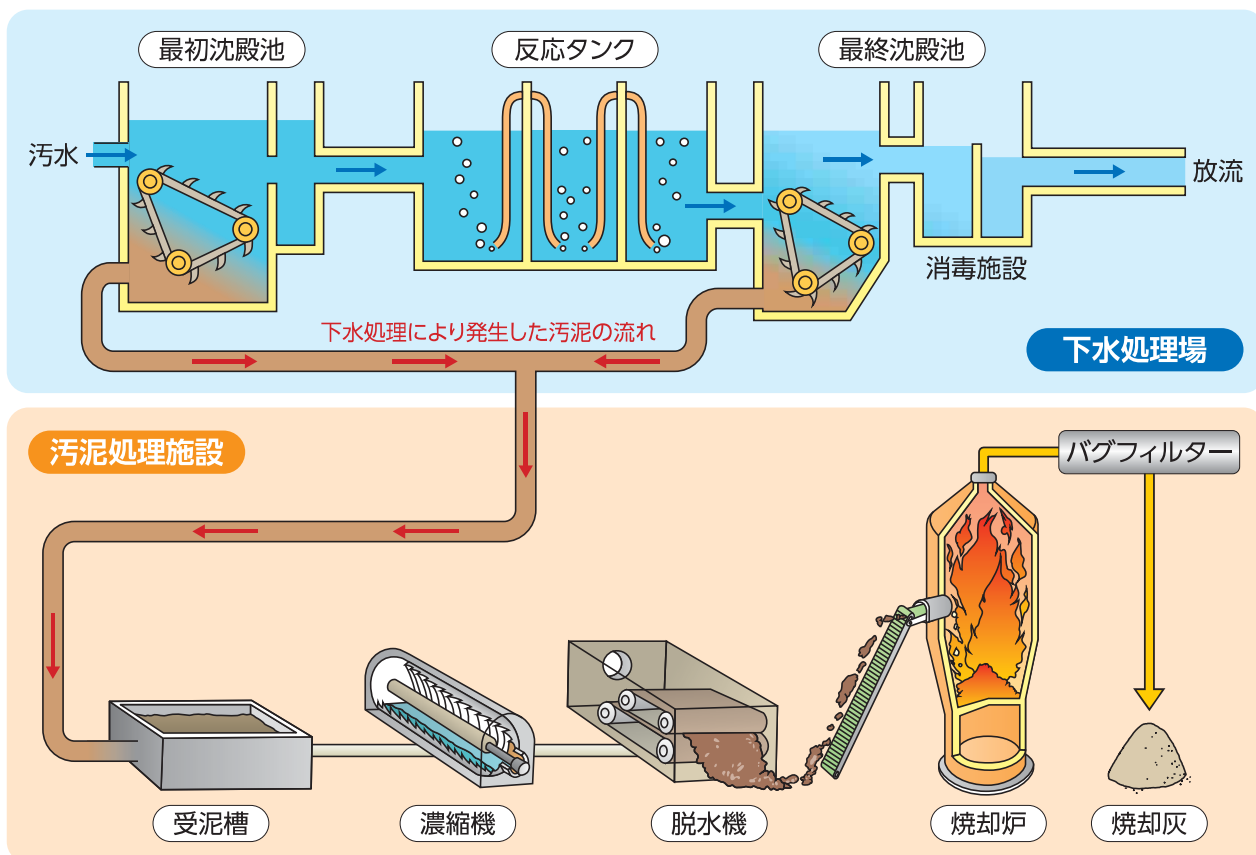
東電原発事故前は、下水汚泥焼却灰のほぼ全てをセメント原料として再利用していましたが、放射性物質が検出されたため保管を余儀なくされました。



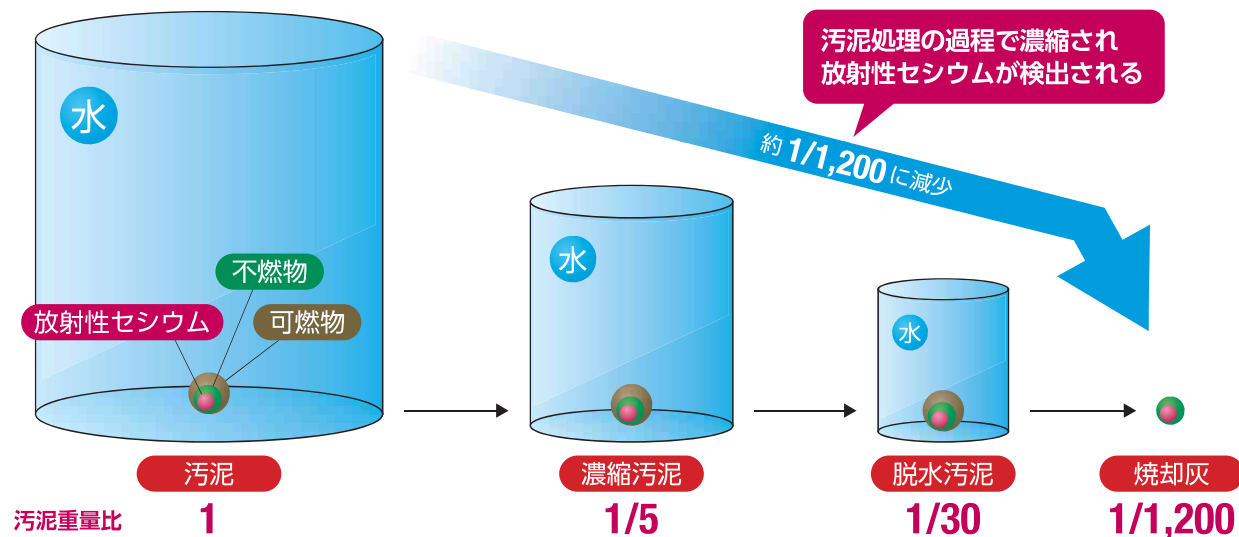
1.2 焼却灰から放射性物質が検出される理由

下水処理場で発生する汚泥は、汚泥処理施設で濃縮、脱水した後に焼却しており、この過程で重量が減少します。このような汚泥の減容過程で、汚泥に含まれていた微量の放射性物質が濃縮され、検出できる濃度になります。

■ 水処理過程と汚泥処理過程



■ 放射性セシウムの濃縮について (平成29年度実績)

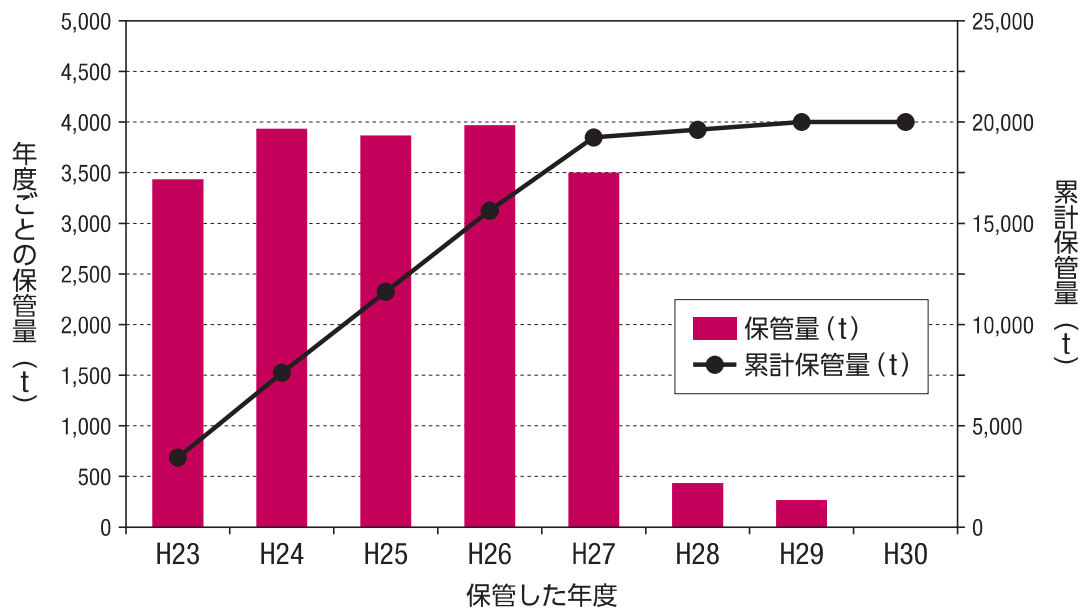


1.3 保管量と放射性物質濃度

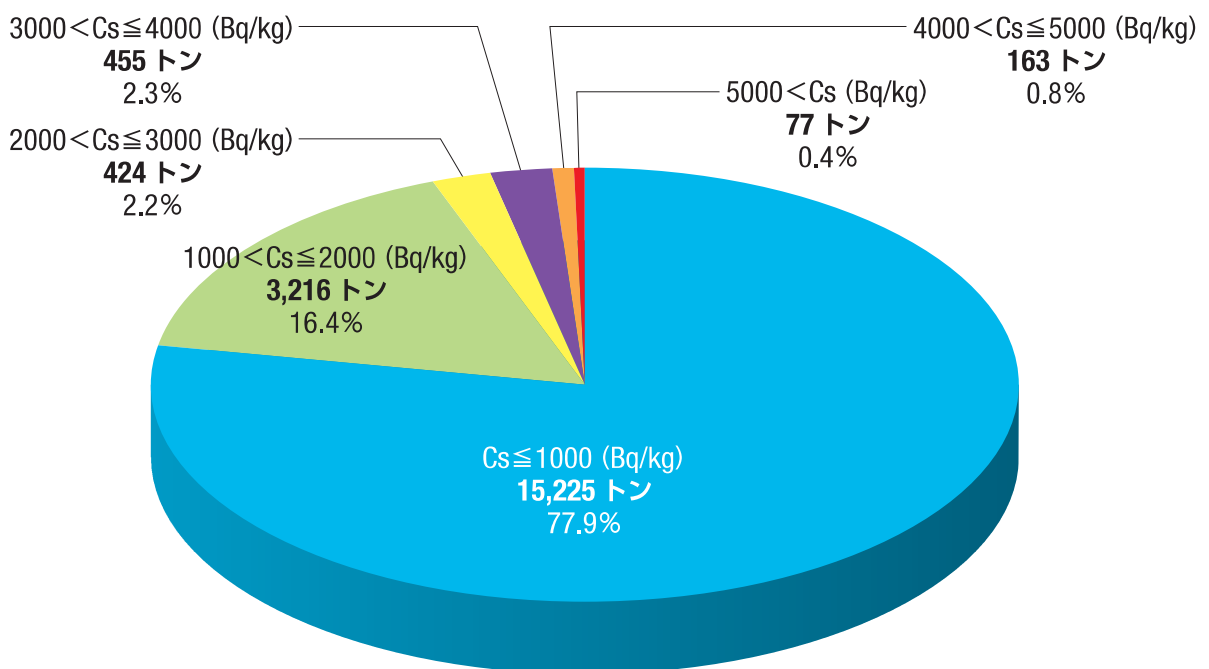
東電原発事故の影響により保管が開始されてから平成28年3月までは、発生する焼却灰の全てを保管していましたが、新たに発生する焼却灰については、平成28年4月以降、そのほとんどについて埋立処分を開始し、平成30年3月からは、全量をセメント原料として再利用しています。

しかし、一度保管した約20,000トンの焼却灰は、未だ保管をしている状況です。

平成30年3月以降は、新たに発生する焼却灰の全量を対象に再利用が再開されたため、保管量は増加しません。



■ 下水汚泥焼却灰のセシウム濃度ごとの保管量 (平成30年9月現在)



第2章

放射線の基礎知識

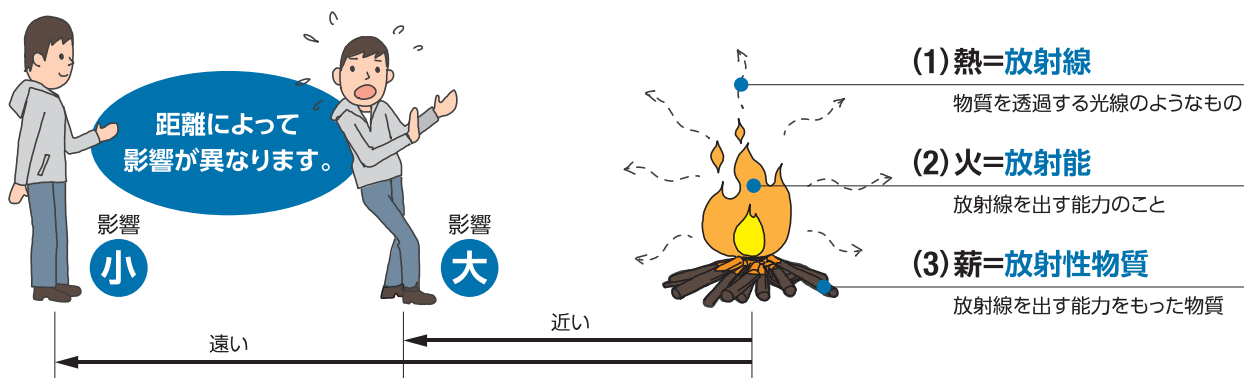
2.1 放射線の性質

全ての物質は、たくさんの「原子」が集合して出来ています。この中には、目に見えない「放射線」というものを出す「原子」があり、放射線の種類により様々な性質をもっています。

① 放射線とは何か？

放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」といいます。たき火に例えると、薪が放射性物質、火が放射能、熱が放射線です。

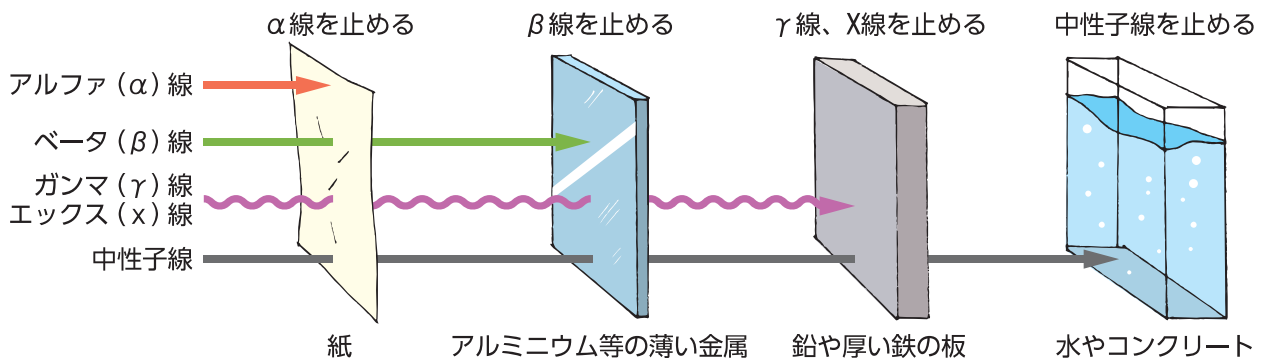
強い熱にあたらなければやけどをしない様に、強い放射線にあたらなければ健康への影響はありません。また、火から離れば熱くないように、放射性物質から距離を取れば放射線の影響は小さくできます。



(出典：福島県ホームページの図を参考に作成)

② 放射線の種類

放射線は高いエネルギーを持った高速の粒子（粒子線）や電磁波です。放射線の種類によって、下の図のような性質を持っています。



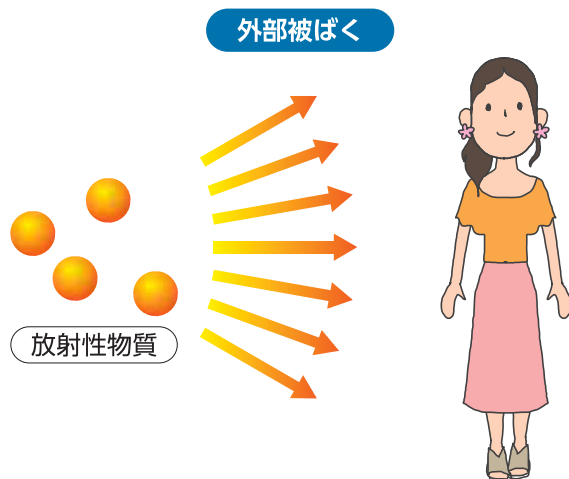
(出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料(平成29年度版)」を一部加工)

※ セシウム134とセシウム137は、主にガンマ線を放出します。

③ 外部被ばくと内部被ばく

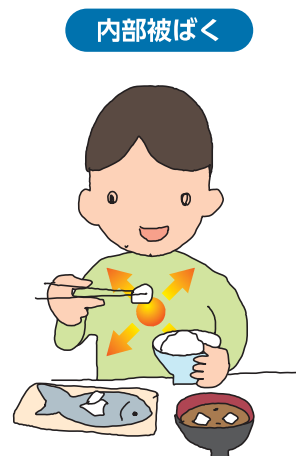
■ 外部被ばく

体の外にある放射性物質から出る放射線を受けます。



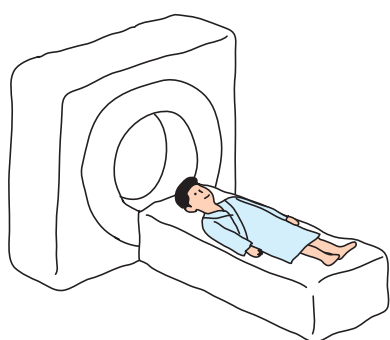
■ 内部被ばく

放射性物質を含む空気を吸ったり、放射性物質を含む飲食物を摂取することで、放射性物質が体の中に入り、体の中から放射線を受けます。



④ 放射線の有効利用

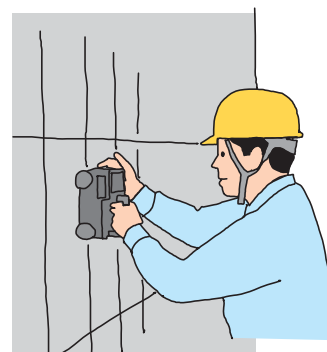
放射線は、医療や工業などの各分野で利用され、私たちの生活の向上に役立っています。



全身 CT スキャン



X 線検診

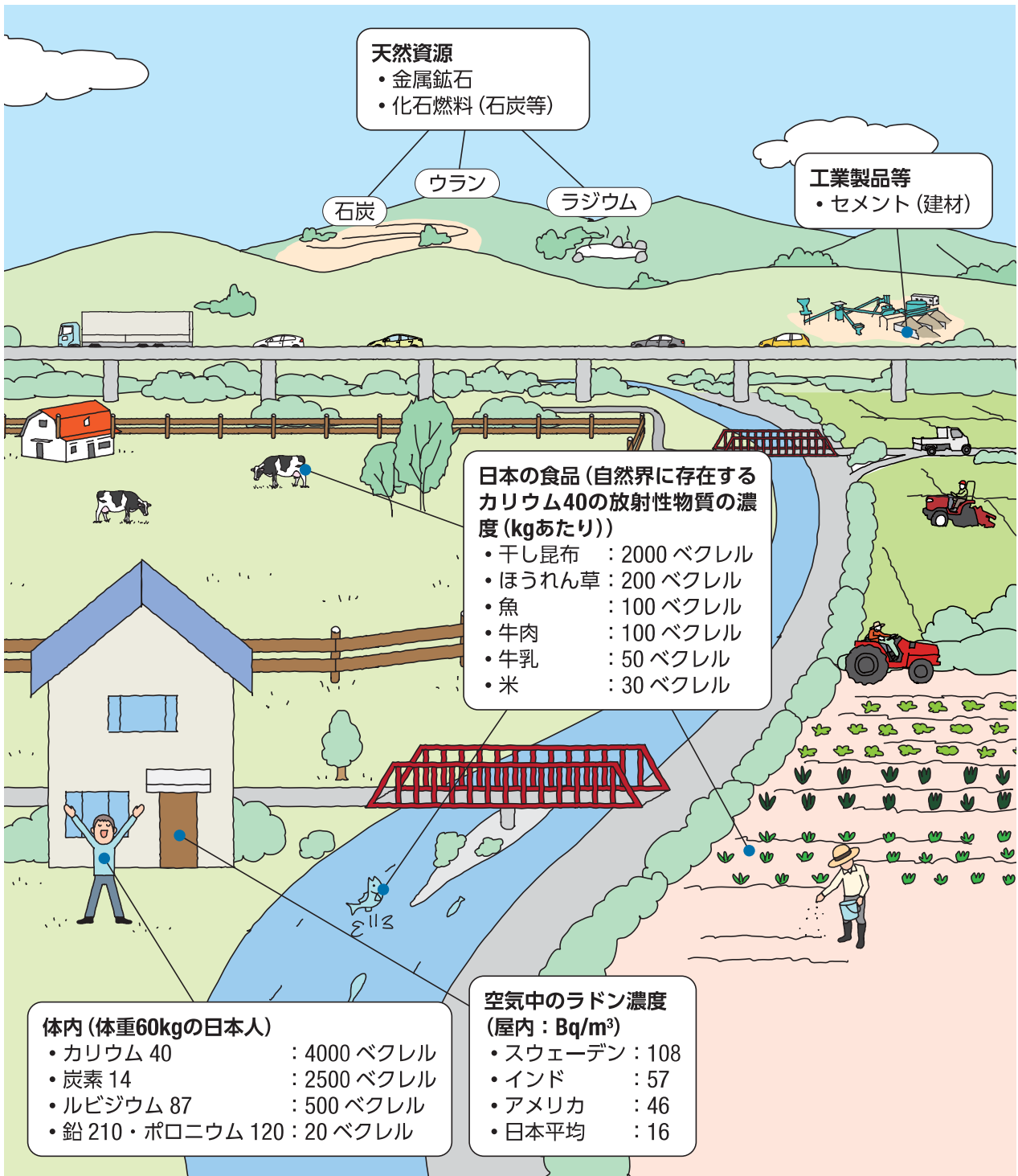


非破壊検査

2.2 日常生活と放射線

① 身近にある放射性物質

私たちの身近には様々な放射性物質が存在し、知らず知らずのうちに放射線を受けています。放射性物質には、大地、空気そして食べ物等に含まれる元々自然界に存在していた物質に由来するものなどがあります。また、私たち人間の体内にも放射性物質が常に存在しています。

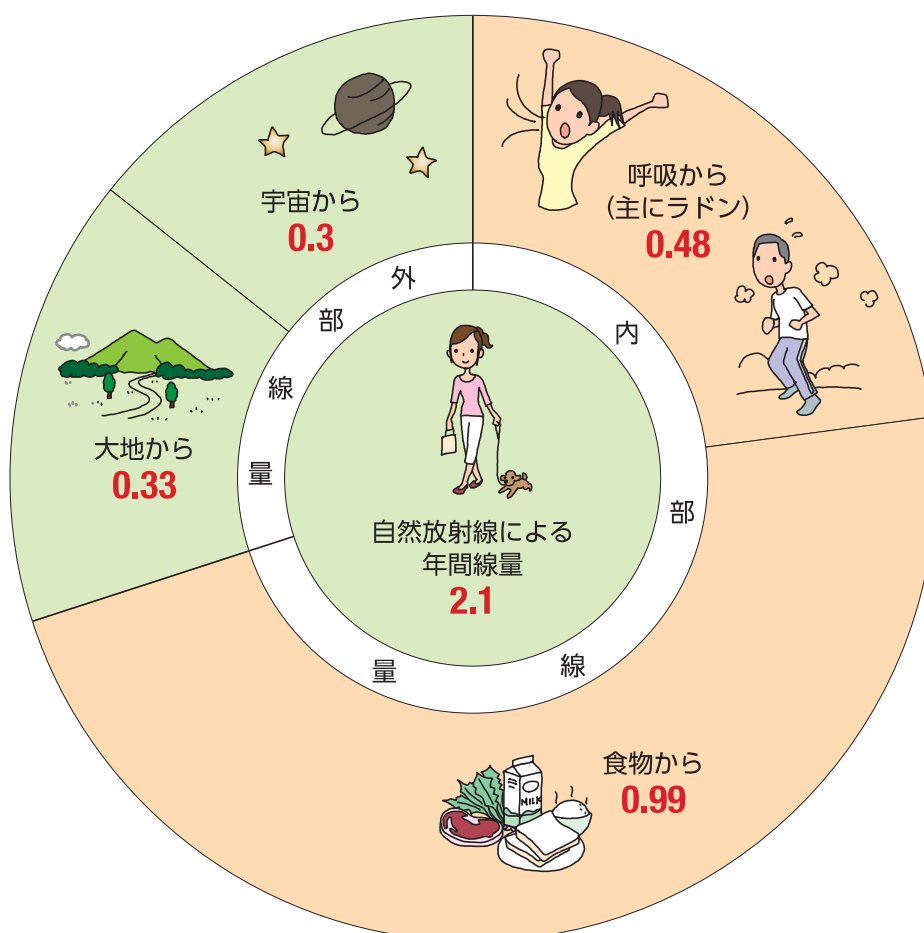


(出典: [空気] 国連科学委員会 (UNSCEAR) 2006 報告書、[体内・食品] (公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究(1983)」及び「新版生活環境放射線(国民線量の算定)」、[天然資源・工業製品等] 放射線医学総合研究所「自然起源放射性物質(NORM)データベース」のデータを基に作成)

②自然界に存在する放射線の影響

自然界に存在する放射線には、大地の放射線、宇宙の放射線、空気中の放射線、食品中の放射線があります。私たちは普段の生活において日常的に放射線を受けており、日本人は1年間におよそ2.1ミリシーベルトの自然からの放射線を受けています。世界の平均は1年間におよそ2.4ミリシーベルトです。

■一人あたりの年間線量 (日本平均) (ミリシーベルト/年)



(出典：図は日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」を参考に作成。

図中のデータは(公財)原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線(国民線量の算定)」を参照

第3章

下水汚泥焼却灰（保管灰）の処分について

3.1 焼却灰処分の法令上の基準

下水汚泥焼却灰は産業廃棄物であり、1キログラムあたり8,000ベクレル以下は法令^{※1}の基準に則り処分場で安全に処分できます。

■本市の焼却灰の位置付け

保管している下水汚泥焼却灰の放射性セシウム濃度は、最大でも1キログラムあたり5,100ベクレル（平均約720ベクレル）^{※2}です。そのため法令に則り処分できます。



※1 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法

※2 平成30年9月時点の濃度

3.2 各国が定めた一般公衆の線量限度

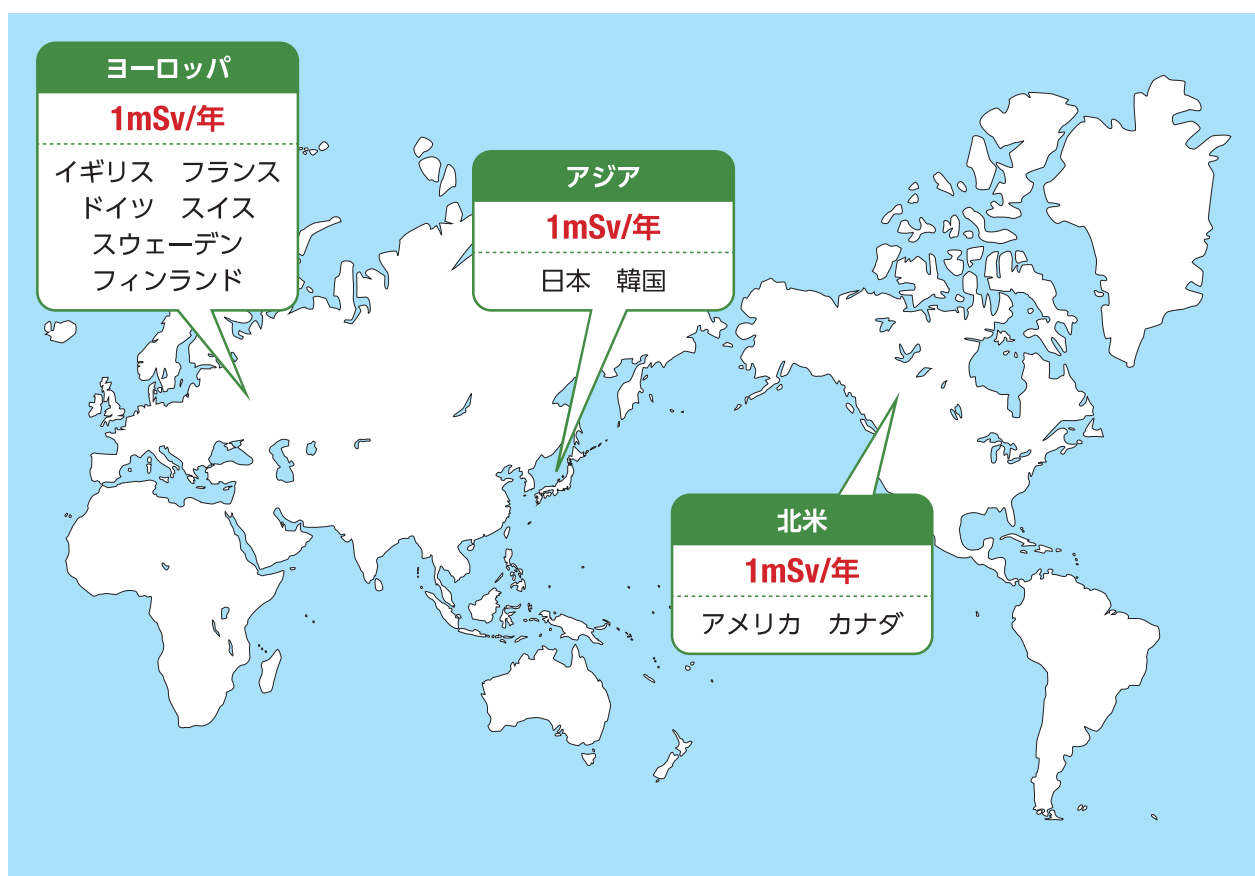
放射線利用によって私たちが浴びる放射線量は、1年間あたり1ミリシーベルトを超えないように制限されています（線量限度）。

（※自然環境からの放射線や医療によって浴びる放射線は除きます）

線量限度は、世界各国で定められています。イギリスやフランス、ドイツ、アメリカ、カナダ、韓国など、原子力を取扱う国では、日本と同じ1年間あたり1ミリシーベルトと定めています。

各国の基準は、放射線に関する国際機関である国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告に基づき定められたものです。

■線量限度の各国基準値



（公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター調べ）

日本では、放射性物質の埋立処分の基準について、作業員が線量限度の被ばく線量となる放射性セシウムの濃度を計算した結果、安全を考慮して1キログラム当たり8,000ベクレルと決めました。

3.3 焼却灰（保管灰）処分に伴う作業員や一般公衆の安全性の検討

国は8000Bq/kgで安全に処分できるとしていますが、本市では、作業員や一般公衆の安全性を再確認するために安全性の検討を実施しました。

埋立作業を行う作業員や埋立地の周辺に居住する公衆は、焼却灰に含まれる放射性物質から放出される放射線を受けることによって、あるいは大気中に飛散した焼却灰の粉塵を吸入することによって被ばくする被ばく線量を評価するためのシナリオ*を設定しました。

安全性の検討は、作業員や一般公衆の被ばく線量が安全な値であるか確認するものです。

■安全性評価

安全性評価の流れ

①どのような被ばくが起ころうかを想定
(シナリオの設定)

②廃棄物発生量と放射能濃度の設定

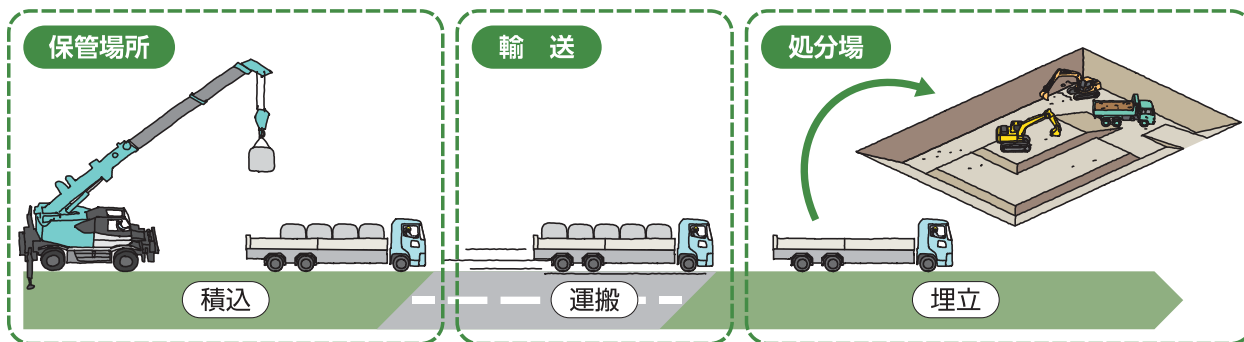
③モデル式を用いた被ばく線量の計算
(安全性の確認)



※ 安全性評価におけるシナリオとは、被ばく線量を評価する際に、被ばくが起ころうる場面を想定し、被ばくする時間や経路などを設定したものです。一般には、被ばく線量を低く計算しすぎないように、実際に起ころり得る場面の中でも被ばく線量が大きくなる条件が設定されます。

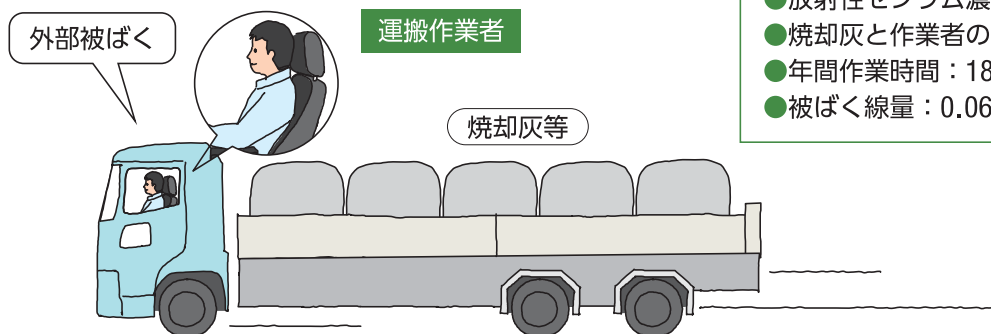
埋立処分までの流れ

保管場所から処分場までの作業は、積込や運搬、埋立作業となります。



代表するシナリオ

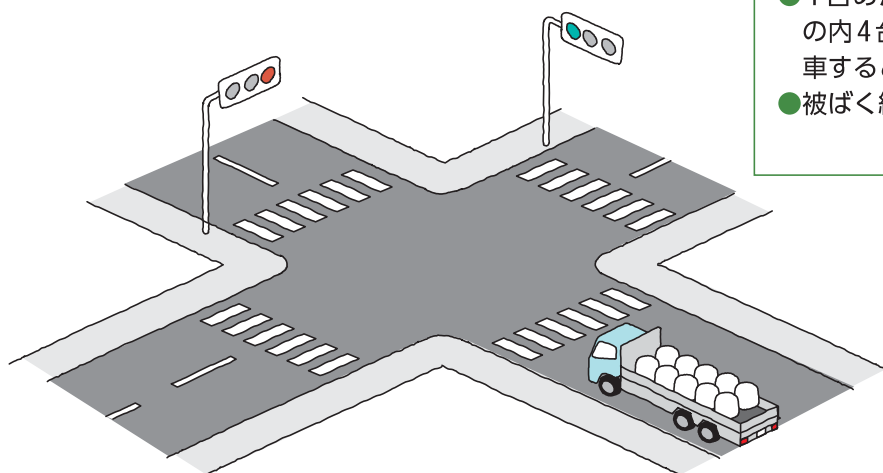
シナリオ A：運搬による作業員の被ばく



シナリオの設定値

- 放射性セシウム濃度：1000Bq/kg
- 焼却灰と作業員の距離：1m
- 年間作業時間：1800時間
- 被ばく線量：0.061mSv/年

シナリオ B：輸送による住民の被ばく



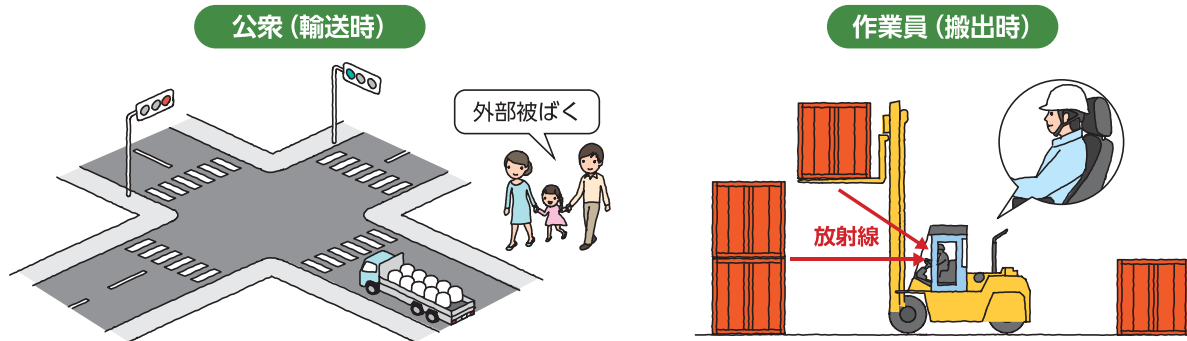
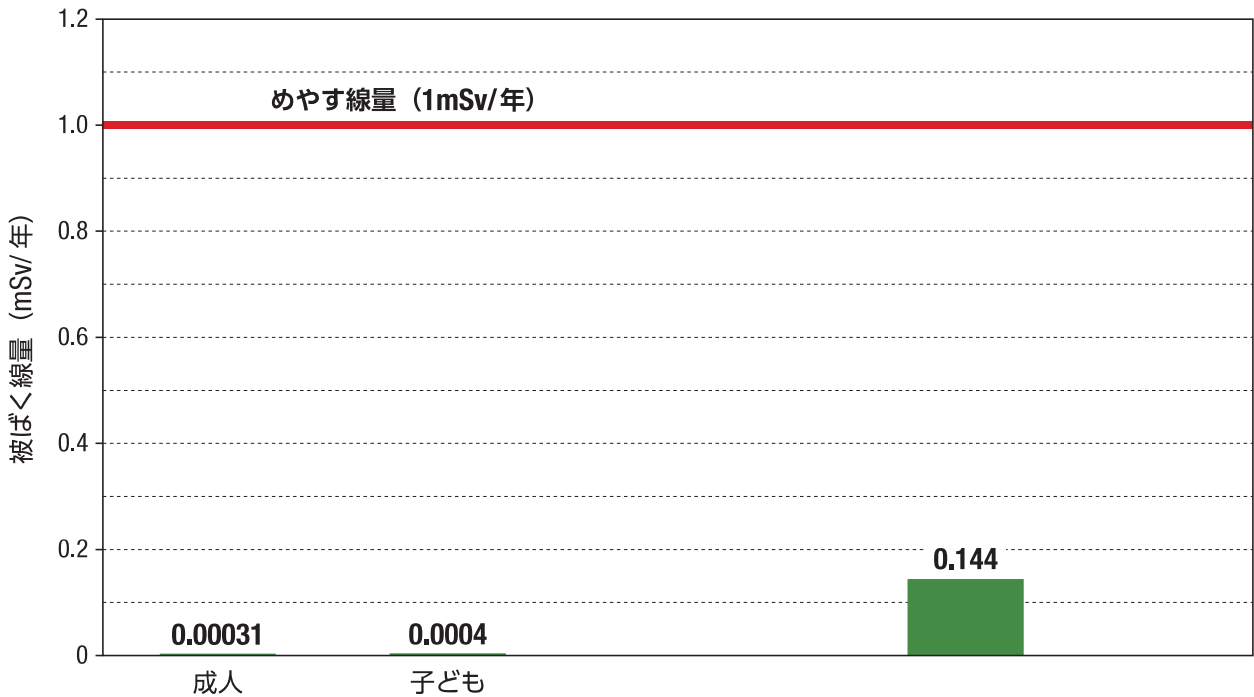
シナリオの設定値

- 放射性セシウム濃度：1000Bq/kg
- 1日あたり8台の輸送車が通過し、その内4台が1分間近傍（距離3m）で停車することを仮定
- 被ばく線量：成人 0.00031mSv/年
子ども 0.0004mSv/年



■被ばく量の計算結果

焼却灰の陸上埋立処分に伴うシナリオを12通り設定し計算した結果、最も大きな被ばく線量は、1年間あたり0.144ミリシーベルトとなりました。この値は、一般公衆や作業者の線量限度である1年間あたり1ミリシーベルトと比較して十分に小さい値となり、安全であることが確認できました。



被ばく線量の計算結果は、一般公衆や作業者の線量限度である1年間あたり1ミリシーベルトと比較して十分に小さい値となり、安全であることが確認できました。

3.4 有識者の評価と今後の方針

安全性の検討について、放射線医学や放射性廃棄物、放射線防護などを専門とする5人の有識者の方々に評価をしていただきました。

**【医学博士】
細野 眞**

専門分野

放射線医学、核医学、
腫瘍免疫学、放射線防護など

(近畿大学 教授)

**【工学博士】
飯本 武志**

専門分野

環境放射線、放射線防護、
放射線測定、被ばく線量評価など

(東京大学 教授)

**【理学博士】
朽山 修**

専門分野

放射性廃棄物の処理・処分

((公財)原子力安全研究協会
技術顧問)

**【工学博士】
宮脇 健太郎**

専門分野

廃棄物工学、衛生工学など

(明星大学 教授)

**【工学博士】
坂井 悦郎**

専門分野

セメント・コンクリートの化学・
物理挙動評価など

(東京工業大学 特任教授)

(所属・役職は平成30年9月時点)

「陸上埋立処分は最適な手法であること」及び、「安全性評価の結果」は妥当と評価されました。

■ 今後の方針

本市の焼却灰は、法的に埋立処分が可能なものであり、処分に伴う被ばく線量は安全な値であると有識者に評価されたことを踏まえて、産業廃棄物最終処分場で埋立処分を行います。

3.5 安全性評価結果と身のまわりの放射線被ばくの比較

焼却灰を最終処分場で処分するときの被ばく線量を求めた結果、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告や日本の基準と比較しても、十分に小さいことがわかりました。

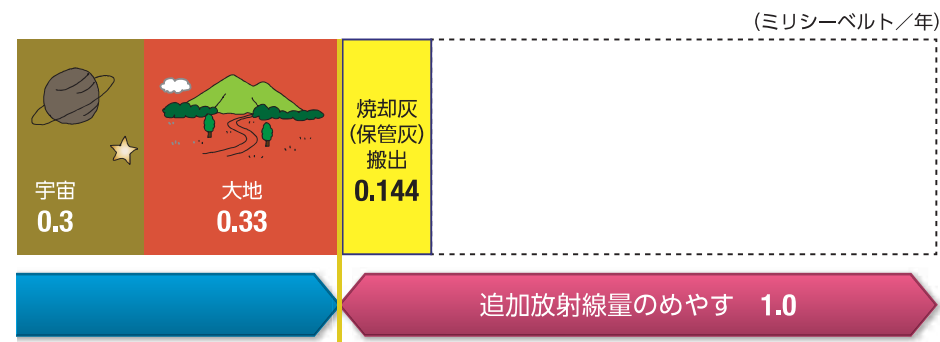
それでは、私たちが1年間の日常生活で受ける放射線量と比較してみましょう。

私たちは、空気や食品、宇宙、大地から常に放射線を受けています。その値を合計すると2.1ミリ

シーベルトとなります。

一方で、保管している焼却灰を処分するときにも最も被ばくするケースは、焼却灰を搬出する作業員であることがわかりました。この被ばく線量は、1年間当たり0.144ミリシーベルトとなり、安全性のめやす値である1年間当たり1ミリシーベルトと比較して十分に小さい値となりました。

■日本人が1年間に日常生活で受ける放射線の量と焼却灰処分によって受ける放射線の量



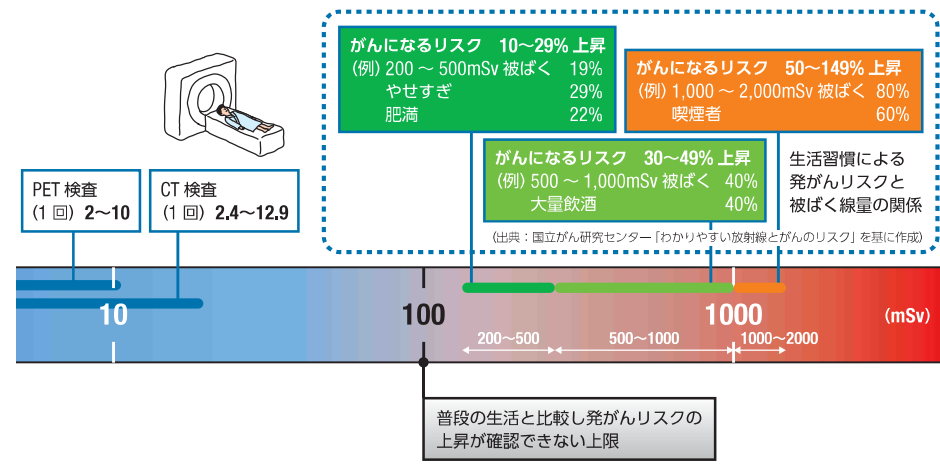
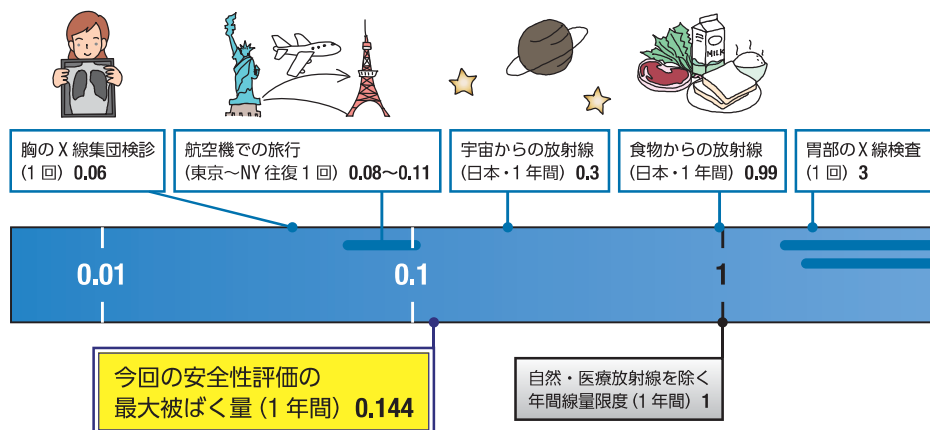
(出典：(公財) 原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線（国民線量の算定）」を基に作成)

普段の生活と比較して、追加の放射線による発がんリスクの上昇が確認できないレベルの被ばく線量は、生涯で100ミリシーベルトといわれていて、例えば運動不足では、200～500ミリシーベルトの被ばくをしたのと同程度の発がんリスクとなります。

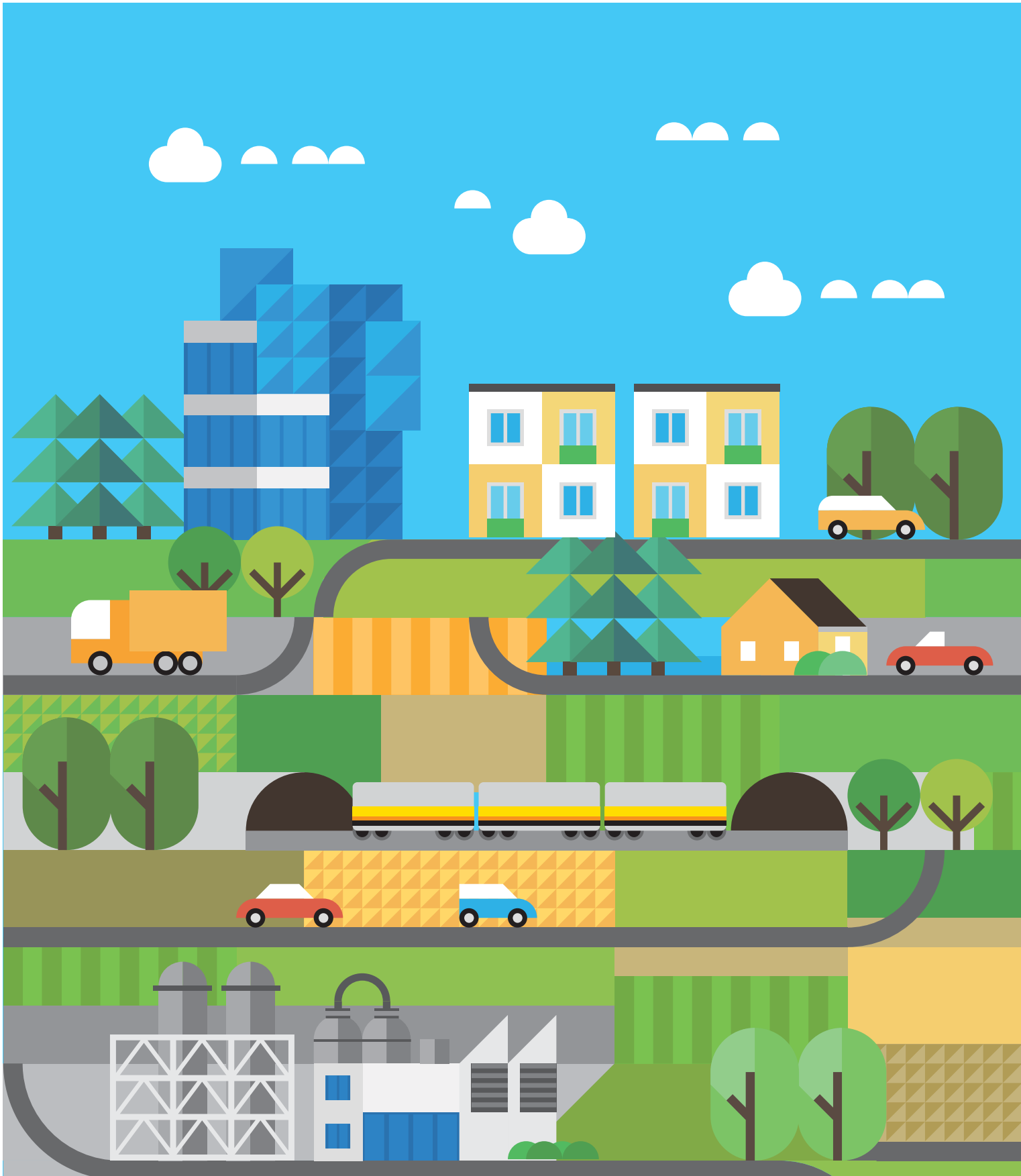
胃のX線検査やCT検査では、1回の検査で追加線量のめやすである1ミリシーベルトの数倍の放射

線量を身体に受けることとなります。また、私たちが普段食べている食事により摂取される放射線量は、1年間あたり0.99ミリシーベルトです。今回の安全性評価で焼却灰から受ける放射線量は、最大でも1年間あたり0.144ミリシーベルトなので、普段の生活で受ける大部分の放射線量より少ないことがわかります。

■日常生活や医療など様々な場面で受ける放射線の量の比較



(出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書、(公財) 原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線（国民線量の算定）」を基に作成)



Colors, Future!

いろいろって、未来。

川崎市

川崎市上下水道局

下水道部下水道計画課

〒210-8577 川崎市川崎区宮本町1番地

TEL 044-200-2881

FAX 044-200-3980

E-mail 80gkeika@city.kawasaki.jp

2018.11.13