

霧箱と放射線

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。



2010年4月1日 発行
2013年4月1日 改訂

目標とねらい

宇宙空間には「宇宙線」と呼ばれる放射線が飛び回っています。地球を取り巻く磁気や空気の層がその大部分を遮っていますが、一部は地上にも届きます。また、岩石などの自然も微弱な放射線を出しています。日々の暮らしの中でも、医療のレントゲン撮影や、空港の手荷物検査などに放射線は利用されています。簡単に手作りできる「霧箱」という装置を使って、子どもたちといっしょに目に見えない放射線の飛跡を観察しましょう。そして、放射線についての理解を深めましょう。

この教材で紹介している放射線源のユークセン石が出す放射線は、極めて微弱なので安全上の心配をする必要はありません。子どもがこの石を家に持ち帰っても安全です。

★ここでは指導例を紹介します。活動実績や子どもたちの年齢等に応じてアレンジし、リーダーの創意工夫を生かしてご活用ください。

対象学年	小学校高学年以上	所要時間	2～3時間
------	----------	------	-------

1 宇宙飛行士が船外活動のとき、宇宙服を着るわけは？

宇宙飛行士が、船外活動をするとき宇宙服を着るのは、宇宙服の中に船内（地上）と同じような圧力や温度の環境を維持するため、酸素を供給し呼気に含まれる二酸化炭素を取り除くため、という大きな理由がありますが、もうひとつ、「宇宙を飛び交う放射線から少しでも身を守るため」という役割もあります。

子どもたちに、船外活動をする宇宙飛行士の写真を提示しながら宇宙服を着るわけをたずねて、放射線との関連を考えさせましょう。（科学実験 12「宇宙服のひみつを探る」も参照。）



▲船外活動をする日本の宇宙飛行士、野口聡一さん。
(写真：NASA)



宇宙飛行士と宇宙の放射線

実際のところ、宇宙ではどのような危険があり、どのような対策が採られているのでしょうか。JAXA の FAQ ページに、宇宙飛行士の活動と放射線について次のような解説が載っています。http://iss.jaxa.jp/iss_faq/faq_env_03.html

●国際宇宙ステーション（ISS）や宇宙服には放射線から防護する目的のシールドはあるのでしょうか？

A：打上げ可能な重量などの関係から、現在のところ ISS や宇宙服には、放射線の遮へいのみを目的とするシールドのようなものは設けられていません。

このため、実際の運用では地上から太陽活動を監視し、また、ISS の船内外に設置される放射線検出器のデータを監視することとしており、宇宙飛行士の放射線被曝線量が急激に増えることが予想される場合などには、船外活動を中止したり、船内の比較的遮へいの厚いところへ退避したりします。

また、宇宙飛行士の被曝線量が一定の基準値を超える場合には、それ以上の飛行を中止して地上へ帰還することもあります。

なお、計算モデルなどを用いた評価結果では、ISS の中にいる場合は、船外にいる場合の数分の 1 程度になることがわかっています。

2 放射線って、何だろう？

ここでは、子どもたちの年齢や理解力に応じて、わかる範囲で放射線とは何かについて簡単に解説しましょう。①、②の代わりに 17-6 ページで触れる「放射線発見の歴史」を中心に話をしてもよいでしょう。

①原子核が壊れるときに放射線が出る

すべての物質は原子からできています。原子は中心に原子核があり、そのまわりを電子が回っています。原子核はさらにプラスの電気を帯びた陽子と、電気的に中性な中性子が集まってできています。

地球上にある大部分の元素の原子核は安定していて、変化することはありません。しかし、中には外から熱や力を加えたりしなくても自然に壊れて別の元素になってしまうものがあり、このとき、原子核から放射線が出ます。このようにして放射線を出す元素を「放射性同位体」といい、それらを含んだ物質をまとめて「放射性物質」といいます。

②放射線の種類

放射線とは、原子核が壊れるときなどに放出される粒子（アルファ線、ベータ線、中性子線など）や、高いエネルギーを持った電磁波（ガンマ線、エックス線）のことをいいます。アルファ線、ベータ線、ガンマ線は放射性同位体から出てきます。アルファ線とベータ線は電荷を持った粒子ですが、ガンマ線は電磁波で電気的には中性です。

放射線に共通した特徴のひとつはものを通り抜ける能力（透過力）を持っていることです。透過力は放射線の種類によってちがいます。

③身の回りの放射線

私たちの身の回りにも、岩石や鉱物など自然が発生する放射線があります。私たちも放射線を浴びていますが、目に見えないうへ身体にも感じないので、そのことに気づかないのです。

放射線は医療、工業、農業など、様々な分野で利用されています。いくつか例を挙げると、医療では、レントゲン撮影やガンの治療、医療器具の滅菌などに、工業ではタイヤ、自動車部品、半導体の製造などに、農業ではジャガイモの芽の発芽抑制や品種改良、害虫防除などに放射線は利用されています。

3 霧箱を作って、放射線の飛跡を見よう

霧箱は、放射線を検出するための装置です。1911 年ごろ、英国の物理学者チャールズ・ウィルソン（1869 — 1959。霧箱の発明によって 1927 年のノーベル物理学賞を受賞）により実用化されたことからウィルソンの霧箱とも呼ばれます。

霧箱は、飽和状態のアルコール蒸気などをガラス箱にとじこめたものです。液体窒素やドライアイスで冷やすことにより、内部のアルコール蒸気は霧の粒になりやすい状態（過飽和）になります。そのとき、箱の中を放射線（アルファ線、ベータ線など）が通ると、通り道でつくられる正、負のイオンが種になって、アルコールの霧の粒が通り道にそって発生します。それが放射線の飛跡として見られるのです。

ここでは、安価で手近な材料を使って、霧箱を作ります。事前に実験を重ねて、活動の日に確実に放射線の飛跡が見られるように、ノウハウを確立しておきましょう。



▲霧箱を発明したウィルソン。

●博物館、科学館の大型霧箱を見よう

活動の前後に、最寄りの博物館や科学館などで本格的な霧箱を見学しておく子どもたちの意欲も高まります。おすすめしたいのが、東京の国立科学博物館、日本科学未来館、大阪の市立科学館などにある大型霧箱です。これらの霧箱では、空気中のラドンからのアルファ線や宇宙線など、自然放射線がつくる無数の飛跡を見ることができます。機会があったら是非訪れてみましょう。

●用意するもの

□放射線源となるもの。次の①～②のいずれかを選ぶことになりますが、おすすめめは①です。

①サマルスキー石、ユークセン石など放射線を出す石（有限会社ラド <http://www.kiribako-rado.co.jp/radotop.html> で手に入ることができます。1 個 1500 円〈送料別〉で提供してもらえます。）

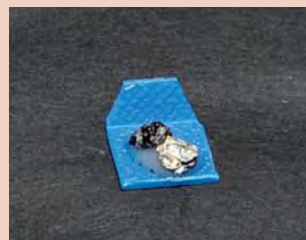
②キャンプなどで使うランタンのマントル（ガスが燃えて明かりを発する部品。放射性物質のトリウムを塗布してある製品があり、これを放射線源として使います。ただ、最近はトリウムを塗布したものが少なくなっているの、購入して放射線が出るか確かめなければなりません。この教材を作成するにあたって、インターネットから得た情報で“放射線が出る”といわれているメーカーのマントルを 2 種類購入して試してみましたが、いずれの場合も放射線の飛跡を見ることができませんでした。というわけで、放射線源は①を強くおすすめします。）

□プラスチックの容器（ふたつきのプラスチックのシャーレがおすすめですが、食品を保存するプラスチックの容器でもかまいません。この場合は、観察するとき上からラップをかぶせます。）

□黒い紙（上記の容器の底に合わせて切っておきます。）

□無水エタノール（手に入らないときは、なるべく濃度の高い消毒用エタノール。）

（次のページへ続きます。）



▲手作り霧箱実験用のユークセン石。（プラスチックの台に固定されている。）



▲マントル。インターネットの情報で放射線が出る”といわれているメーカーのマントルを 2 種類購入して試してみましたが、いずれの場合も放射線の軌跡を見ることができなかった。

- スポイト
- スポンジテープ（例：すきまテープ。粘着材のついたもの。プラスチック容器の内側の円周より少し短い長さ。）
- 発泡スチロールの板（断熱材として、ドライアイスをその上に置きます。）
- ドライアイス（氷屋さんで手に入ります。少なくとも 1kg は必要です。スーパーなどでアイスクリームを買ったときにもらえる程度では足りません。）
- 軍手（ドライアイスは素手で持つと凍傷になるおそれがあります。）
- 木づち（または金づち。ドライアイスの固まりがプラスチックの容器にぴったり触れないときは、細かく砕いてその上に容器をのせます。）
- 懐中電灯（LED タイプの小さいものが望ましい）
- ティッシュペーパー
- 塩ビパイプ（直径 20mm 長さ 35cm 程度のもの）
- キッチンペーパー



霧箱の作り方と放射線の飛跡の観察

①プラスチックのケースに、底の形に合わせて切った黒い紙を入れ、ケースの壁面にスポンジテープを貼ります。ふたがきちんとしめるように貼りましょう。（スポンジテープがシャーレの壁からはみ出していると、内部のアルコール蒸気がもれて、放射線の飛跡が見えないことがあります。容器の壁の高さより幅の短いスポンジテープを使いましょう。）



②安定したテーブルの上に発泡スチロールの板を置き、その上にドライアイス进行載せます。このとき、素手でドライアイスに触れないように注意します。軍手を着用しましょう。そして、①の容器の底がドライアイスにぴったりついてるか（密着するか）確かめましょう。容器とドライアイスの間に隙間があると、冷え方が悪くなり、放射線の飛跡が見えないことがあります。写真のような平らな板状のドライアイスが手に入らない場合は、ドライアイス进行粉状になるくらい細かくくだいて隙間なくしき、その上に容器の底を押しつけるようにします。



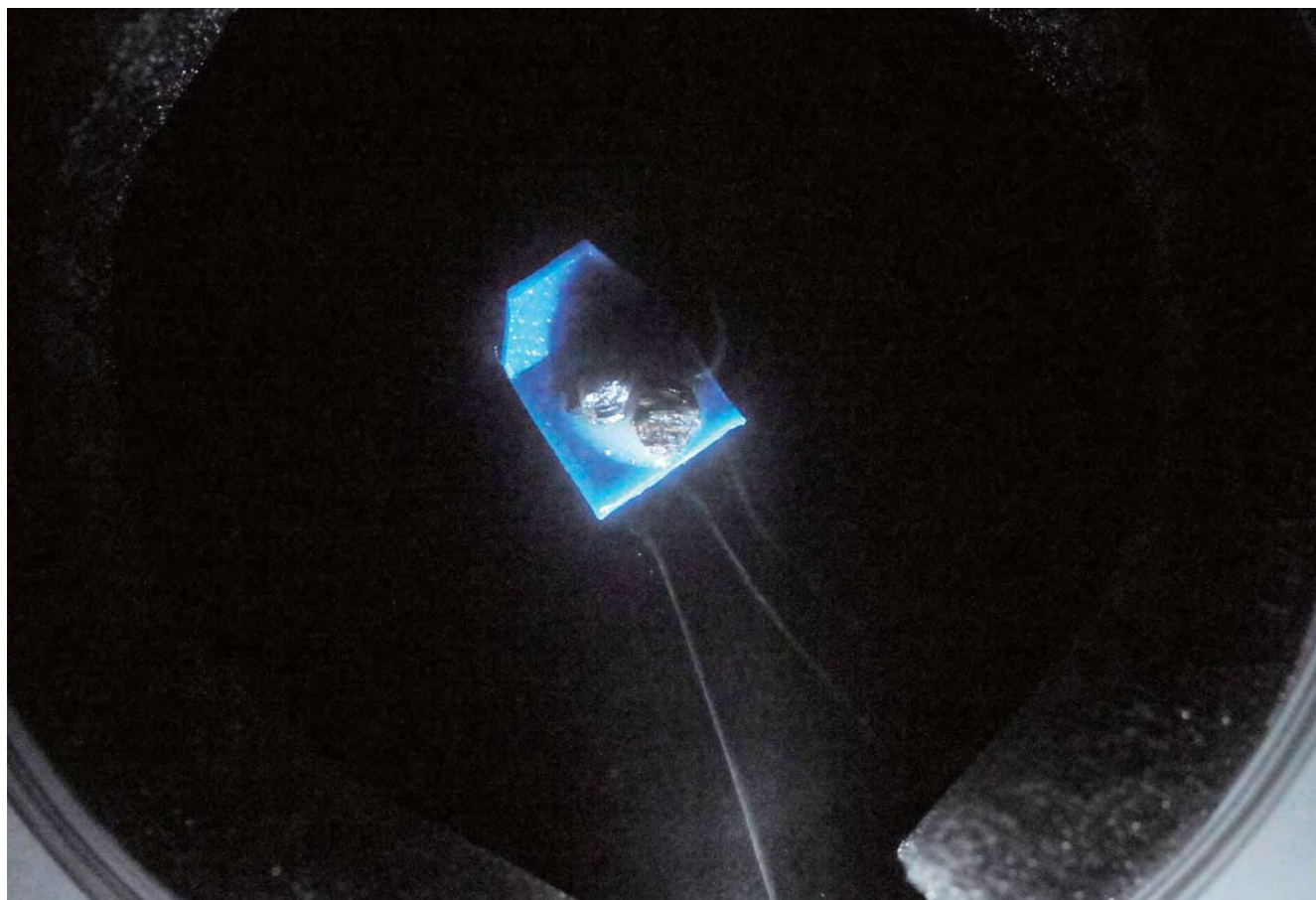
- ③放射線源の石を容器の底に置き、スポンジテープに、スポイトでエタノールをたっぷり染みこませます。（写真のように、石を置いた容器をドライアイスの上にのせてからエタノールを染みこませてもOKです。）そして、ふたをかぶせてドライアイスの上に置きます。ふたと容器の間に隙間があると、アルコールの蒸気が漏れてうまく飛跡が生じないことがあるので、確認しましょう。



- ④プラスチックの容器の横の隙間から懐中電灯で照らします。塩ビパイプをキッチンペーパーでしっかりこすって静電気を起こし、蓋の上をすれすれに何度も左右に往復させ、容器内のイオンを取り除きます。しばらくすると、飛行機雲のような白い直線的な線が見えてきます。これはアルファ線が作ったイオンを核にしてアルコールの蒸気が集まってできたアルファ線の飛跡です。細かいジグザグの線が見えることもあります。これはベータ線による飛跡です。放射線源の石がない場合でも、空気中のラドンや宇宙からの放射線（宇宙線）によってできる飛跡が見えることがあります。

放射線の飛跡が見えなくなってきたら、塩ビパイプで容器内のイオンを取り除きます。それでも見えない場合は、容器内のエタノールを補充します。このとき、容器の底にたまったエタノールは捨て、ティッシュペーパーなどでふき取ります。

- ※なかなか飛跡を見ることができないときは、容器の大きさを変えてみる、放射線源を容器の中の少し高い位置に設置してみる、ドライアイスを細かく砕いて容器内がもっと冷えるようにする、などのことを試してみてください。



▲現れた放射線の飛跡。

参考

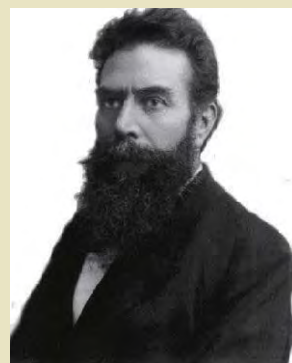
放射線発見の歴史——レントゲンとマリー・キュリー

1895年、ドイツのレントゲン（1845-1923）は、クルックス管を用いた陰極線の実験中、クルックス管の光が遮られていたのに、机の上の蛍光紙が発光していることに気づきました。このことから彼は目に見えない光のようなものの存在を意識しました。彼がエックス線と名づけることになる最初の放射線の発見は、このようなきっかけからもたらされました。

その翌年の1896年、フランスのベクレルは、ウランが放射線を出す性質を持つことを発見しました。

ポーランドに生まれ、フランス人の科学者ピエール・キュリーの妻となったマリー・キュリーは1897年に放射線の研究を始め、ベクレルの研究を進めるうちにトリウムもウランと同じように放射線を出す性質をもつことを明らかにしました。そして98年、夫のピエールとともにピッチブレンド（れきせい瀝青ウラン鉱）の中から放射線を出す新元素を2つ発見し、1つを祖国ポーランドにちなんでポロニウム、もう1つをラジウムと名づけました。

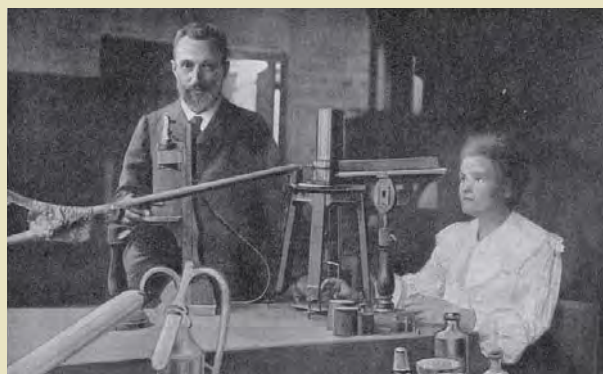
レントゲンは1901年に、マリー・キュリーはベクレルや夫のピエールとともに1903年にノーベル物理学賞を受賞しています。



ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン
Wilhelm Conrad Röntgen
1845 - 1923



マリア・スクウォドフスカ・キュリー Maria Skłodowska-Curie 1867-1934



▲ピエール・キュリー（左）とマリー（右）。



▲レントゲンが撮影した妻の手のエックス線写真。

参考

放射線測定に使われるガイガー・ミュラー計数管

放射線を検出、測定するときに使われる機器のひとつにガイガー・ミュラー計数管があります。ガイガーカウンター、GM計数管などと呼ばれることもあります。ガイガー・ミュラー計数管は、1928年にH. ガイガー（アメリカ）とW. ミュラー（ドイツ）によって発明されました。

そのつくりは、金属の円筒の中にアルゴンなどの気体を封入し、円筒の壁を陰極、円筒の中心に張った針金を陽極としたもので、高電圧をかけて使用します。この円筒に放射線が入ると、気体の分子が電離して放電が起こり、そのときの電流を測定することで放射線を計測します。



ガイガー・ミュラー計数管の製品例。GM サーベイメーター TGS-146B（アロカ株式会社）。

4 放射線測定器で、身近な放射線を測定しよう

簡易放射線測定器「はかるくん」および実習用キット（特性実験セット等）は、文部科学省が、児童生徒、教育職員等及び学校等を対象に無償で貸し出ししている実験器材です。身のまわりにある自然放射線の測定や、放射線の性質（距離や遮へい物による比較等）を勉強するための実習用キットなど、放射線に関する様々な実験器材が用意されています。

ご希望の内容に沿ってアドバイス等がいただけますので、詳細については下記までご連絡ください。

●問い合わせ先：財団法人日本科学技術振興財団 情報システム開発部 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1
TEL :03-3212-8504 FAX :03-3212-8596
はかるくん web <http://hakarukun.go.jp/>



▲はかるくん「DX-300」。ガンマ線を測定できる。

放射線測定器を使ってこんな学習活動を

①測定の前に、「はかるくん」の使用方法和、表示される放射線の単位について説明しておきましょう。

はかるくんに表示される単位：放射線が人体におよぼす影響を示す Sv（シーベルト）という単位があります。「はかるくん」では $\mu\text{Sv/h}$ （マイクロシーベルト毎時）という単位を使っています。これは1時間に人体がどれくらいの放射線を受けたかということを表す単位です。



▲はかるくん「特性実験セット」。

②グループごとに、いろいろな場所で放射線（ガンマ線）を測定してみましょう。（17-10 ページのワークシートを使いましょう）

放射線が多く検出されるのは、花崗岩（御影石）で作った建造物、カリウムを含む肥料、コンクリートなど。反対に少ないのは、水によって遮へいされる池やプールの水面上などです。水面上の測定は危険なので、必ずリーダーが付き添って安全を確かめてください。

③測定が終わったら、結果を発表します。放射線が多いのはどんな場所か、反対に少ないのはどんな場所か、情報を共有します。

④はかるくん特性実験セットには、自然放射線を比較的多量に出している花崗岩（御影石）やカリ肥料、湯の花（ラドン温泉の素）などの測定試料が附属しています。はかるくんとこれらの試料を使って、放射線の特性（距離と放射線量の関係やものによって異なる遮へいの効果）の実験を行うことができます。

⑤測定と実験の結果をまとめます。



▲はかるくん「特性実験セット」は、距離と放射線量の関係やものによって異なる遮へいの効果の実験ができる。

- ①高い山は地上に比べて宇宙線が観測しやすいので、手作りの霧箱を持って行って、放射線の石を用いずに観測を試みてみましょう。その際、超低温のドライアイスの運搬には気をつけましょう。
- ②放射線が医療や農業、工業などでどのように利用されているか調べましょう。
- ③エックス線やガンマ線を観測して宇宙の謎を解き明かす、エックス線天文学、ガンマ線天文学について調べてみましょう。
- ④1903年に女性初のノーベル賞を受賞し、物理学賞に続いて1911年にはノーベル化学賞も受賞したマリー・キュリーの伝記を読んでみましょう。
- ⑤国際宇宙ステーション（ISS）の日本実験棟「きぼう」には、宇宙空間に露出した状態で実験や観測を行うことができる暴露部「船外実験プラットフォーム」があります。ここでは、どのような実験や観測が行われるのか、放射線との関連を考えながら、調べてみましょう。

安全対策

- ①この教材で紹介しているユークセン石は、放射線を出しますが極めて微弱なので安全です。子どもが家に持ち帰っても、放射線による健康面での心配は無用です。
- ②霧箱の実験で使うドライアイスは、決して素手でさわらないようにしてください。凍傷にかかるおそれがあります。また、決して密封容器（アイスボックス、ペットボトルなど）にドライアイスを入れないでください。破裂をするおそれがあります。
- ③実験ではドライアイスやエタノールを使用するので、部屋の換気は十分にしてください。
- ④霧箱の実験に使う無水エタノールは、決して口に入れないように注意してください。
- ⑤霧箱の実験をするとき、アルコールに弱い人（子ども）や、アルコールにアレルギー反応を起こす人（子ども）は、気をつけましょう。アルコールのにおいをかいただけでも気分が悪くなるような人は、この実験には参加しないようにしましょう。
- ⑥はさみを使うときは、けがをしないように気をつけましょう。
- ⑦放射線を測定するために外へ出かけるときは、必ずリーダーが見守ってください。車や自転車の通る場所では、とくに気をつけてください。
- ⑧池やプールの水面上などでの放射線測定は危険なので、必ずリーダーが付き添って安全を確かめてください。

学習指導要領 との関連

中学校 3年	理科（エネルギー・粒子）	エネルギー
中学校 3年	理科（エネルギー・粒子）	科学技術の発展

キーワード 放射線、霧箱、アルファ線、ベータ線、エックス線、ガンマ線、宇宙線

●この教材作成にあたっては、下記の方々に御指導ならびに情報・写真の提供等のご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。有限会社ラド、財団法人日本科学技術振興財団情報システム開発部、アロカ株式会社

発行 : 宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター
協力 : 財団法人日本宇宙少年団 YAC、株式会社学研教育出版、編集チームモルオ有限会社

©JAXA2013 無断転載を禁じます

霧箱の実験を記録しておきましょう。

霧箱の実験で見た飛行機雲のような線を、次のようなことに気をつけてスケッチしておきましょう。

- 放射線を出す石の位置を必ず描いておきます。
- 線はどこから、どのようにあらわれたでしょう。まっすぐでしたか？ 曲がっていましたか？
- 何分の間に、何本ぐらい、線が見えましたか？
- 見えたすぐ後に思い出してかいておきましょう。（ここには４つ、スケッチするらんがあります。）
- 見えた線は、どれも同じようでしたか？ それとも、線は何種類かに分けることができますか？
- このほかに気づいたことがあったら、メモしておきましょう。

気づいたこと

気づいたこと

気づいたこと

気づいたこと

いろいろな場所で調べた放射線の量を記録しておきましょう。

放射線測定器を使って、いろいろな場所で放射線の量を測定しましょう。そのとき調べた値を表にまとめておきましょう。

調べた年月日〔 年 月 日〕 使った機器名〔 〕

放射線量の単位

場 所	放射線量	場 所	放射線量

●いろいろな場所の放射線量を調べてわかったことをまとめておきましょう。
