

(仮タイトル)

ドロえもん博士とまなぶシリーズ1

土と放射線

裏表紙

(仮タイトル)

ドロえもん博士とまなぶシリーズ1

土と放射線



まえがき



放射性物質は年々減少しますが、その減少速度は徐々に遅くなります。また、セシウム137の半減期は30年と長く、長期にわたり向き合っていかなければいけないのです。

そのため私たちはまず、福島県内の小学校や科学館で放射性物質に関する実験教室を開き、こどもたちに体験してもらうことにしました。あわせて、この本の発行となりました。その目的はいうまでもなく放射能について正しく理解し、自分たちで考えて行動できるようなこどもを育てるためです。そして、広く全国の皆さんにも知ってもらいたい、一緒に考えてもらいたい、という思いから出版することになりました。

こどもたちと保護者のみなさまがともにこの本を読み、実験を行い、土の吸着特性と放射性セシウムとの関係を正しく理解してくれることを願っています。

怖がりすぎることは禁物です。しっかりと現実と向きあうことが問題解決の第一歩だと私たちは思っています。放射性セシウムによる汚染は簡単に解決できません。先の長い問題です。本書が少しでも役立つことができれば幸いです。



「セシウム」? 「放射線」? なんだろう?

むずかしいけど、この絵本でいっしょに勉強しよう!



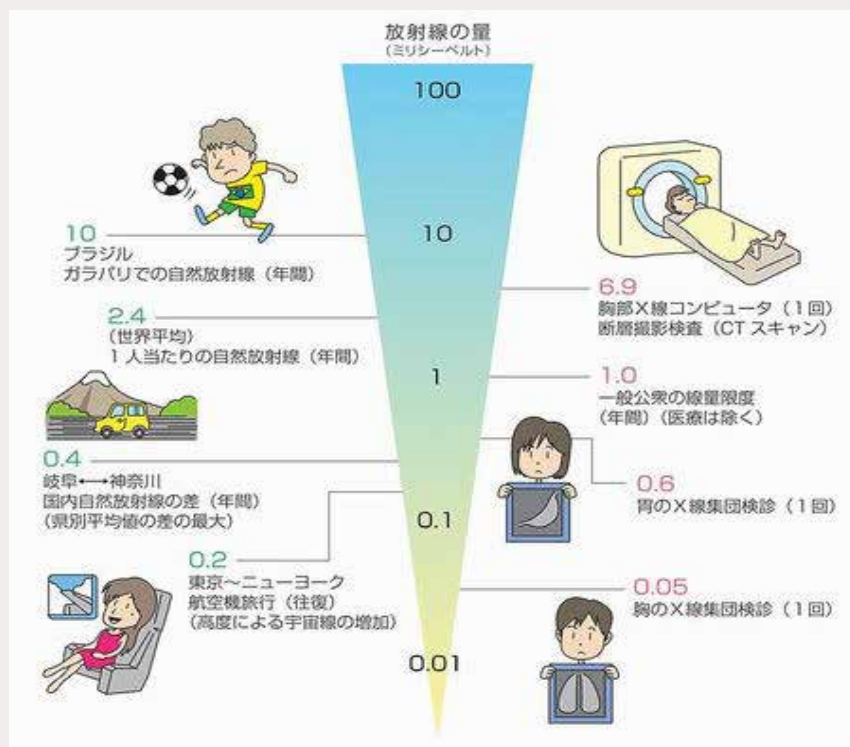
テレビや新聞で「セシウム」や
「放射線」ってよく聞くけど、何のこと?
もっとよく知りたいけど難しそう・・・。



みんなで
勉強しながら
いっしょに
考えてみよう!

ドロえもん博士

大学で土の研究をする先生。
得意技はどろだんごづくり。



身の回りにも放射線があります



大人の方へ

放射線の単位は目的に応じて使い分けます。「Sv (シーベルト)」は人が放射線でどれだけの影響を受けるか、「Bq (ベクレル)」は物質の放射能 (→ p.6) の強さを表します。

放射線は、宇宙、大地、空気、食物など、身の周りのあらゆるところから出ており、私たちは日常的に、年間約2.1mSv (日本平均) の自然放射線を受けています。この他に、高度の高い位置ほど宇宙からの放射線量が高く、飛行機で東京ーニューヨークを往復すると約0.2mSvの放射線を受けます。ミネラルの一種、カリウムには放射線を出す「カリウム40」がわずかに存在し、食物とともに体内に取り込まれます。カリウムが多い食品の例として、干し昆布 (2,000Bq/kg)、干しシイタケ (700Bq/kg)、ポテトチップ (400Bq/kg) などがあります。また、現代では人工的に放射線が作られ、医療をはじめ様々な場面で利用されています。たとえば、胸部X線検診を一回受診すると、約0.5mSvの放射線を浴びます。



放射線はどこにあるの？ 目に見えるの？

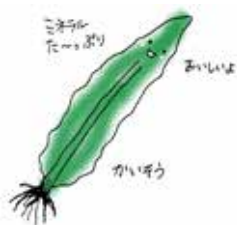


目に見えないけれど、身の周りのいろんなところから
出ていて、いろんな事に役立っているよ。

どうしてこんなに
騒がれてるの？



放射線は身の回りにも
たくさんあるんだ。



原発事故の元凶はセシウム 137 です



2011年3月11日の東日本大震災で起きた福島第一原子力発電所の事故で、大量の放射性物質（→P.6）が発電所の外に漏れだしました。放出された放射性物質は風に運ばれ、雨や雪とともに地上に降りそそぎました。事故で放出された放射性物質には、ヨウ素（ヨウ素131、ヨウ素132、ヨウ素133）、セシウム（セシウム134、セシウム137）などが含まれていたことが確認されています。その中なかで私たちの生活環境に大きな影響を与えているのは、放射性セシウム（セシウム137）です。これは、半減期（→P.10）が約30年と、同時に放出された他の放射性物質と比較して長いためです。（326字）



地震と関係あるの？ あのとき何があったの？

2011年の大地震のとき、福島原子力発電所で
事故が起きて、セシウム137が出てきたんだ。



東日本大震災のとき
何があったの？



福島の原子力発電所で
事故が起こって、
「放射性物質」が
たくさん飛び出したんだ。



放射性物質って何ですか



私たちの身のまわりの「物」はすべて、原子という小さな粒がたくさん集まってできています。福島第一原子力発電所の事故で放出された物質には、「放射性セシウム」の原子が含まれていました。放射性セシウムは自然に壊れてバリウムという別の原子に変わり、原子が壊れるときに、放射線が飛び出します。このように放射線を出す物質のことを「放射性物質」といいます。放射性セシウムが壊れてできたバリウムは安定しており、それ以降、放射線は飛び出しません。

物質中に、放射性の原子（たとえば放射性セシウム）の数が多いと、壊れる原子の数も多くなり、飛び出す放射線が多くなります。放射線を出す力の強さを「放射能」といい、「Bq（ベクレル）」（→p.2）という単位で表します。Bqは、放射性の原子が1秒間に何個壊れるかを表しています。

放射線には、α線、β線、γ線、エックス線など複数の種類があり、放射性セシウムから出るのは、β線とγ線です。β線は物質を突き抜ける力が弱く、薄いアルミの板を通り抜けることができません。一方、γ線は物質を通り抜ける力が強く、厚い鉛などを使わなければ遮ることができません。（482字）

参考： 澤田哲生 監修 「目で見て分かる!放射能と原発」（双葉社）



ほうしゃせいぶっしつ・・・?

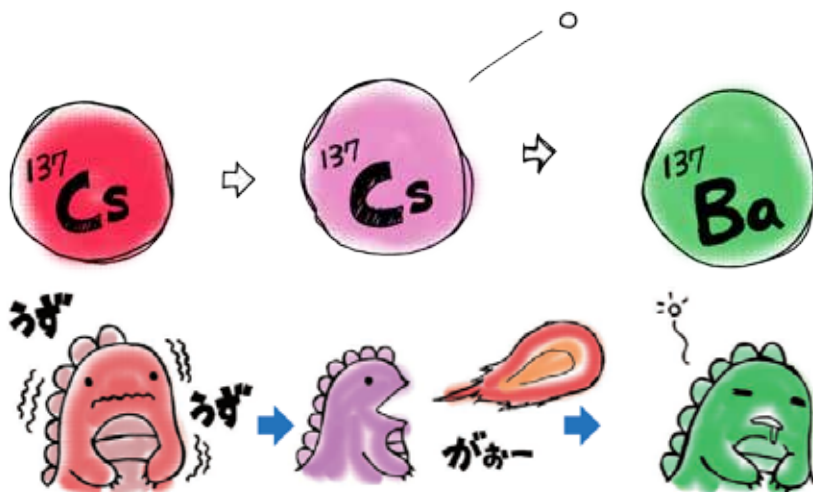


放射線を出す物質を
「ほうしゃせいぶっしつ」というんだよ。
放射性物質は一度放射線を出すと安全になるよ。

放射性物質って何？



「放射線」を出す物を
「放射性物質」っていうんだ。
火吹き怪獣の例で考えてみよう。



放射線はわたしたちのからだの中の細胞を傷つけます。
放射性元素は火を噴き出す怪獣のようなイメージ。



森林の空間線量を自動計測するためのシステム

チリにくっついて放射線を出すセシウム



大人の方へ

原子力発電所の事故で放出した放射性セシウムと放射性ヨウ素などの放射性物質は、山林、田畑、住居などあらゆる場所に降りそそぎました。事故から時間が経ち放射性ヨウ素の影響はなくなりましたが、放射性セシウムは家屋や土、植物の枝葉などにくっつき、今も放射線を出しています。一方でセシウム自体は気体ではないため、細かいチリにくっついて空気中を舞うことはあっても、自ら空気中を漂うことはありません。また、新たに増えることもありません。そのため、線量が高い場所を知り、重点的に除染することが効果的です*。たとえば、家の中より外の方が、家の中では上の方が、家の外では地面に近い場所の方が線量が高い傾向にあります。また雨どいなどのセシウムがくっついたチリや落ち葉が水に流されて集まる場所は、「ホットスポット」と呼ばれる線量の高い場所となることがあります。

※現在も、畑や森林の線量を測定して、線量の変化や除染の効果を調べる研究が進められています。

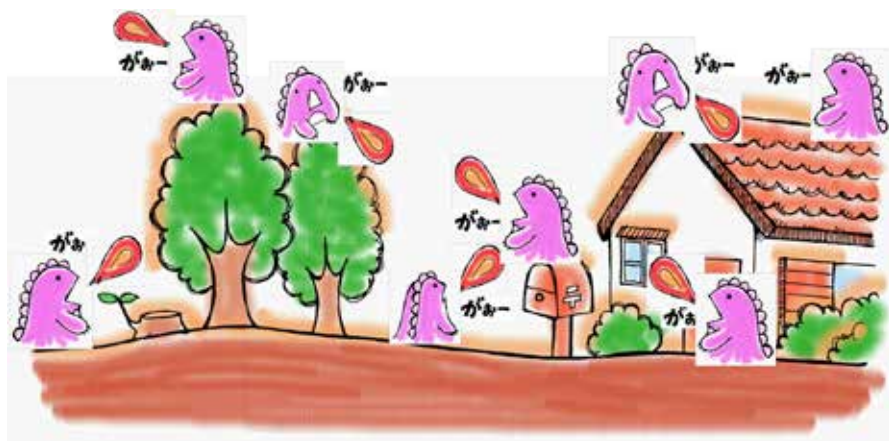


怪獣はどこにいるの？

空から落ちて来て、
いろんな場所の表面にかくれているよ。



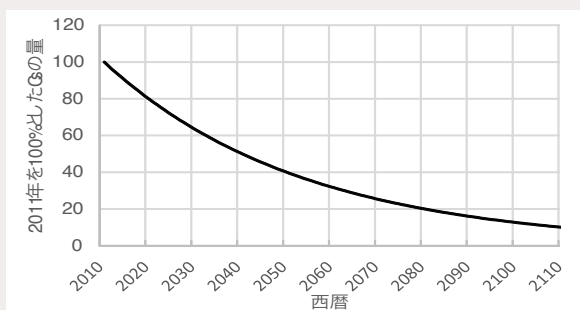
火吹き怪獣は
いつまでいるの？



大気中に飛び出した火吹き怪獣
(放射性物質セシウム 137) は、
地面や家の屋根などに落ちたんだ。
そして火 (放射線) を吹いたんだ。

キセノン133	5日
ヨウ素131	8日
セシウム134	2.1年
ストロンチウム90	28.8年
セシウム137	30.1年
ラジウム226	1,600年
ウラン238	45億年

放射性物質の半減期



半減期から予測したセシウム137の変化

放射能には半減期があります



大人の方へ

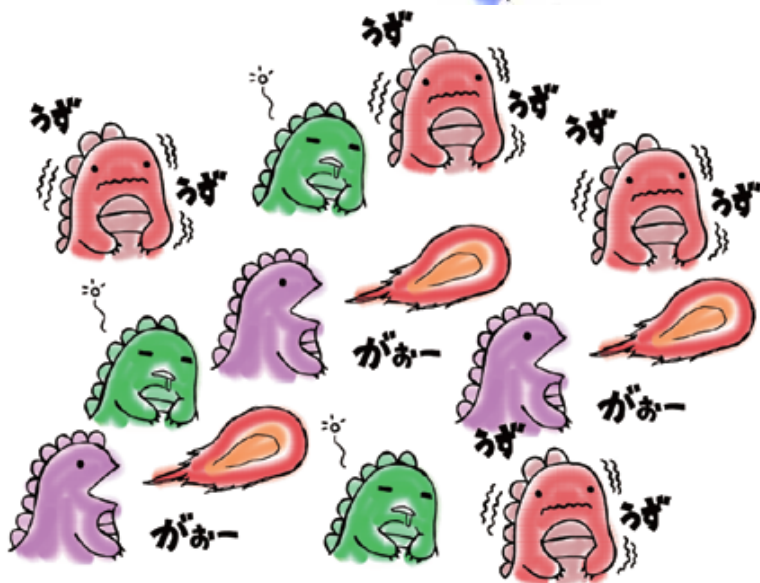
放射性物質は一度放射線を出すと、元とは異なる物質に変わります。ある放射性物質の半分が異なる物質に変わるためにかかる時間が「半減期」です。原子力発電所の事故当時注目された放射性ヨウ素（ヨウ素131）の半減期は8日です。そのため、8日で事故当時の2分の1、16日で4分の1の量と比較的速く数を減らしていき、2ヶ月程で1%足らずの量となりました。現在では放射性ヨウ素の影響はありません。一方で、セシウム137の半減期は約30年と長く、除染を行わなければ5年以上経過しても事故当時の90%近い量が残存することになります。10%の量にまで減少するには100年かかる計算になるため、長い目で問題に向き合っていく必要があります。



怪獣はいつまでいるの？

30年かかってやっと今の半分になるよ。
全部いなくなるには100年以上かかりそう。

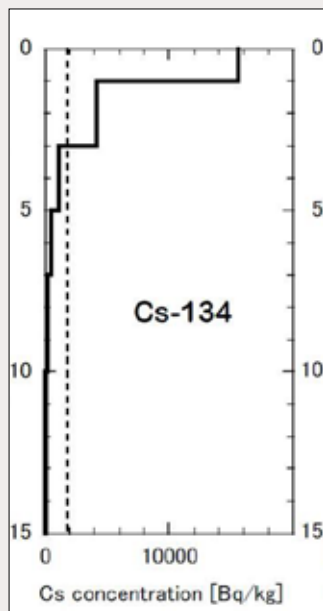
30年も!?大人になるまで
長く考えないといけない
問題なんだね。



火吹き怪獣 (セシウム137) は
火を吹くと (放射線を出すと)
無害怪獣 (別の物質) になるんだ。
火吹き怪獣の数が半分になるには
30年もかかるんだ。



土壌の採取風景 (2012年10月飯舘村佐須地区水田)



測定された水田土壌中のセシウム濃度

地面に落ちたセシウムはどこへいくのか



事故後の2011年5月24日に、福島県内の水田で土壌を採取して、放射性セシウムの測定が行われました。その結果、降りそそいだ放射性セシウムのほとんどは深さ5cmまでに存在しており、それより深くからは検出されることがわかりました。通常、肥料などで土壌に散布された物質は、雨水に溶けて地中深くに流れていきます。しかし、水田の土の粒にはセシウムを他の物質より強く引き付ける力（吸着力）があります。土の粒も雨水とともに土中に流れていきますが、これらの粒は他の土の粒のすき間に引っかかって、地中深くに流れることはありません（ろ過効果）。この「吸着力」と「ろ過効果」という土の力について、次ページから解説します。

一方、イノシシなどによって畑が荒らされた場所では、より深くまでセシウムが混ざってしまうという報告もあります。

塩沢ら：福島県の水田土壌における放射性セシウムの深度別濃度と移流速度、Radiosotopes誌、8月号、2011より引用

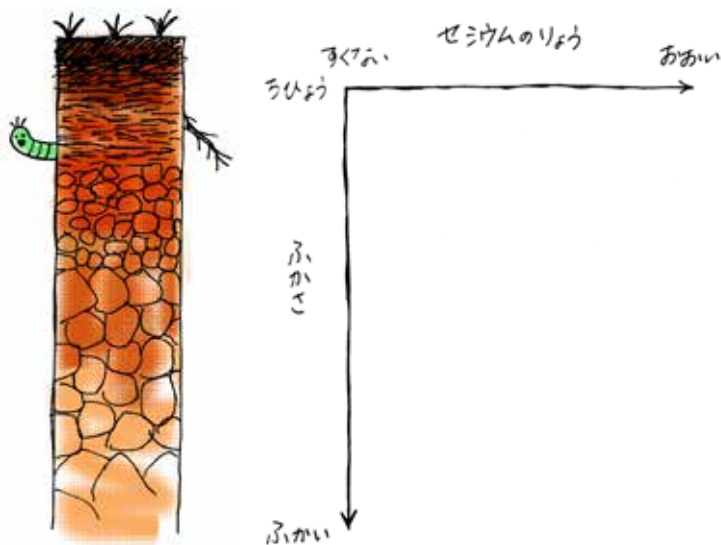


怪獣は土の中にいるの？

地面の近くにかくれてて、
深いところにはあんまりいないんだ。



地面に落ちたセシウムは
どうなってるの？



調べてみたら、
地面から深さ5cmの間だけから
見つかったんだ。



放射性物質だって吸い取る土の吸着力について



土の吸着現象には、粘土粒子が大きな役割をはたします。粘土は大きさが0.002ミリメートルより小さい土粒子ですが、このなかに長い年月をかけて生成された粘土鉱物とその風化物があります。それが除染に関係しているのです。その粘土鉱物の表面は、電氣的にマイナス(負)に帯電していて、プラス(正)に荷電しているセシウムなどのイオンや分子を引き付ける吸着力を持っています。

粘土鉱物の一種である雲母は、特殊な吸着力でセシウムを強く吸着します。福島県阿武隈山系には花崗岩が多く分布しますが、この岩石に含まれる黒雲母はカリウムを間に挟んだ紙束のような層状構造を持つ粘土鉱物です。その風化物(バーミュキュライト、イライト)がこの地方の土壌には多く含まれています。放射性セシウムはこうした風化粘土鉱物のなかにあるカリウムに置き換わって層の間に入り込み、そこに定着していきます。



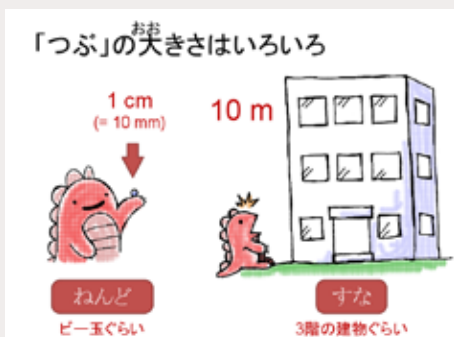
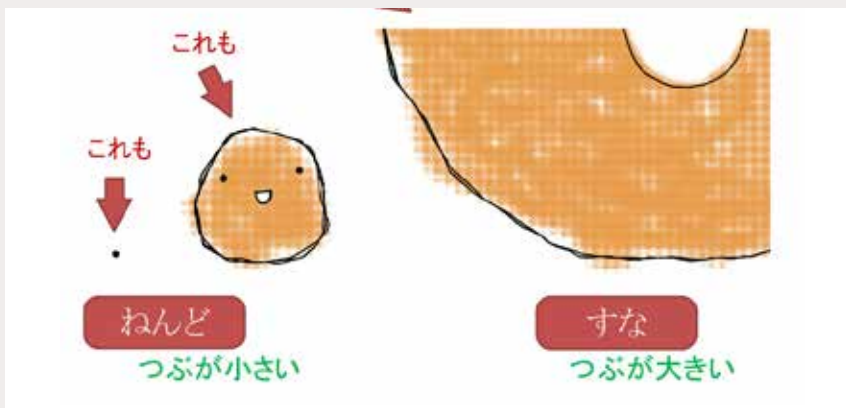
どうして 地面の近くだけにいるの？

それは土がセシウムに対して
不思議な力をもっているからなんだ。

吸着したらセシウムは
土のつぶから
離れられないんだね



土の小さなつぶには
セシウムを強く引きつける
力があるんだ。
これを「吸着現象」というんだ。



土のつぶの大きさもいろいろです



土粒子は、粘土（直径0.002 mm未満）、シルト（直径0.002～0.02 mm）、砂（直径0.2～2 mm）、礫（直径2 mm以上）の粒の大きさによって分類されます。粘土以外は、岩石が物理的風化作用によって細粒化したもので、主として化学的風化作用にもっとも強い石英からなっています。このように、土は大きさの異なる土粒子と有機物で構成されており、粘土、シルト、砂の割合や含まれる有機物量によって、土の物理的・化学的性質が変わります。

土のろ過作用は、異なる大きさの土粒子によって構成される、網目のような隙間に物が引っかかる現象です。どの隙間をとってみても一様な大きさではなく、ミリメートルのオーダーからミクロンオーダーに至るまで非常に多様に連結しています。この隙間の効果により、小さい粘土粒子も途中でより小さな隙間に引っかかって土中に残されます。

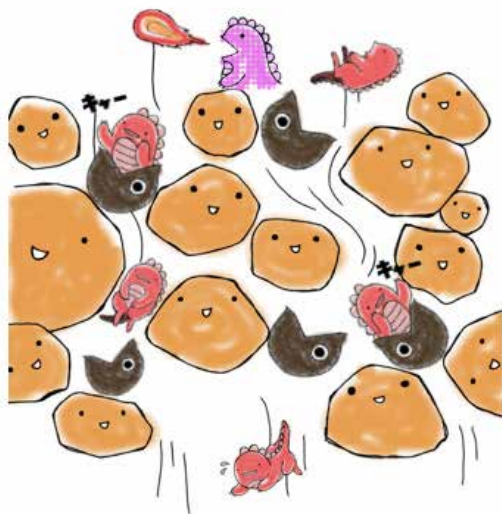


土の粒といっしょに 雨で流れないの？

これも土の不思議な力なんだ。
土の中をのぞいてみよう！



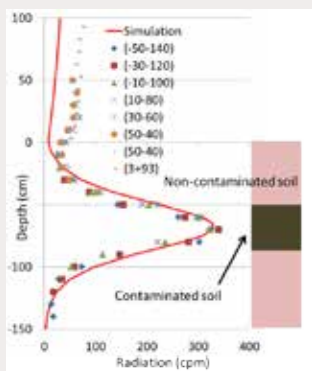
セシウムをくっつけた
小さな土のつぶは他のつぶの隙間に
引っかかって動けなくなるんだ。
この土の力を「ろ過効果」というんだ。



だから雨がふっても、
セシウムがくっついた
土のつぶは、
深くにながれないのね。



汚染土の埋設実験風景



フレコンバックや天地返して セシウム汚染もなくなる!?



大人の方へ

フレキシブルコンテナバッグ（フレコンバッグ）は、穀物や飼料、土砂の輸送に利用するのに適した大型のバッグです。表土剥ぎ取りによって集められた汚染土は、およそ1m³容積のフレコンバッグに詰められ、仮置き場や中間貯蔵施設に輸送して保管されています。汚染土からの放射線量を減衰させるために、汚染土の一番外側には汚染されていない砂を入れたフレコンバッグが置かれています。

農林水産省は農地除染法として、放射性セシウムの汚染度に応じて、表土削り取り（10000Bq/kg以上）、泥水攪拌処理（5000-10000Bq/kg）、反転耕（5000Bq以下）の3つの方法を推奨しました。しかし実際に使われたのは表土削り取り法がほとんどでした。

天地返し（反転耕）は、農業機械を使って上と下の土を反転させ、汚染土壌を同一敷地内の深部に埋め込む方法です。農林水産省の基準に従ってこの方法を採用していればフレコンバッグの汚染土を大幅に減らせていたかも知れません。しかし、地中に残された放射性セシウムが地中を移動し地下水を汚染するのではないかという懸念から天地返しや地中埋設はほとんど採用されませんでした。

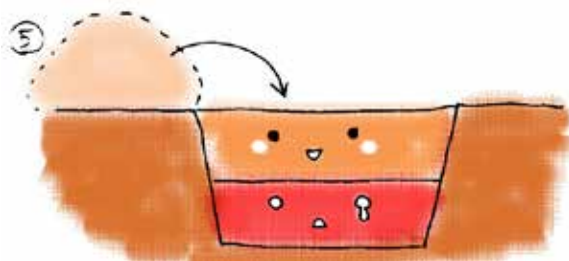
ドローもん博士は実際に汚染土を地中50-80cmの深さに埋設し、その上に汚染されていない土を被せ、今も定期的に地中の放射線量を測定していますが、埋設した放射性セシウムがほとんど移動しないこと、地上部の放射線量が表土剥ぎ取り後の放射線量とほとんど同程度であることを確認しています。（図）



汚れた土は どうしたらいいの？

土を剥ぎ取ったり、埋めたりすれば
放射線から身を守れるんだ。

じゃあ表面の
土だけとってしまえば、
きれいになるの？



集めて袋に入れる方法のほかに、
地面深くに埋めてしまう
方法もあるよ

ガンマ線は、鉛などの重い金属のほか、土、コンクリート、水などでも遮蔽されます。



放射線から身を守るためにはどうするか



①距離

距離が遠くなると放射線は届かなくなります。光源からでる光（音源から出る音）が源から遠くなるほど暗く（小さく）なるように、放射性物質からでる放射線は弱まります。放射線の強さは距離の二乗に反比例します。

②時間

短時間なら涼しいと感じる部屋であっても、長時間いると身体の内まで冷え切ります。同じように、放射線にあたる時間もできるだけ短期間にする方が、その影響は小さくなります。

③遮蔽

光がまぶしい時、遮るものがあればそのまぶしさは軽減されます。同様に放射線も遮るものがあれば、その影響は軽減されます。紙1枚では光が明るく感じられても、100枚重ねれば暗くなる、また金属板で遮れば薄くても光が届かないように、放射線も遮蔽物の種類や厚さにより影響が変わります。（333文字）

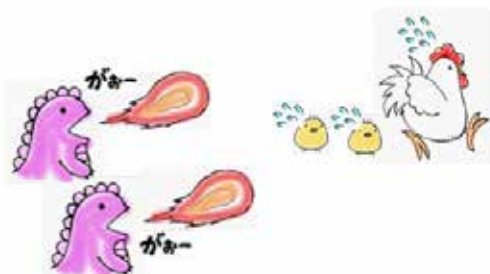


放射線から身を守るには どうすればいいの？

放射線から身を守るには3つの方法があるんだよ！



次の3つに
気をつける必要が
あるんだ。



① 放射性物質から離れる



② 放射線にあたる時間を
短くする



③ 放射線を通さない箱に
入れる



実験でわかる水の流れと土の役割



大人の方へ

半分にカットしたペットボトルの飲み口に、ガーゼを輪ゴムでしっかりとめまします。底の部分は水受けに使います。ガーゼは土の粒子が通り抜けない程度の目の大きさのものをを使うか、2重にして使ってください。

ペットボトルに土を入れるとき、強く押し固めてしまうと、水の通る隙間が狭くなり、なかなか水が出てこないことがあります。実験は何回か繰り返してできますが、繰り返すたびに、細かい土の粒子がもともとペットボトルに入れていた土の隙間を埋めてしまったり、水の重さで土が締め固まったりして、水が流れにくくなります。その時は、ペットボトルの中の土を入れ替えてください。よく観察すると、とくに地表面付近に粘土粒子がびっしりと溜まっていて、これが水の流れを遅くしていることがわかります。この現象を「ケーキろ過現象」といいます。

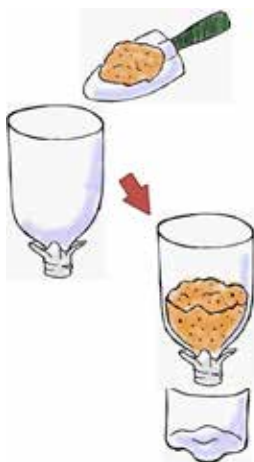
吸着実験の色水には薄い食紅液を使うとよいでしょう。濃すぎると土の吸着力を超えた色素が存在し、出てくる水の色の違いが判別しにくいことがあるので調整してみてください。種明かしをすると、砂では食紅色の水や泥水がそのまま流出し、はたけの土では無色透明な色の薄まった水が流出します。(408文字)



実験：土はマジシャン！

ペットボトルを使って土の不思議について
実験してみよう。

①土いれ



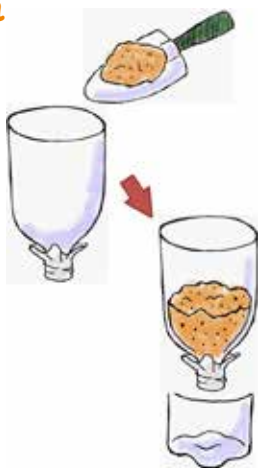
②泥水づくり



③泥水をゆっくり 流してみよう！



①土いれ



②ながしてみよう！



おわりに



2011 年 3 月、東日本大震災を引き金とする原発事故により福島県内の多くの地域が放射性セシウムで汚染されました。私は土壤物理学者及び農業土木学の科学者として農地の汚染が気がかりでした。このままでは、そこで育つ農作物まで汚染されてしまうことが心配でした。そこで土粒子と放射性セシウムの吸着特性に着目したのです。そして開発したのは小学生にもできる簡単な除染法でした。しかし、この除染法を理解するには土が持っている「吸着特性」と放射線について正しく理解する必要がありました。

奇しくも2015年は国連が主導して土の大切さを訴える国際土壌年でした。私は大学で働いている教え子たち（農業農村工学会土壤物理研究部会の若手科学者）に呼びかけ、小学生が実験を通して楽しみながら土（粘土）の性質を理解できる教育プログラムと一緒に考えました。そして福島県の小学校や科学館で「ドロえもん博士の土はマジシャン!」という出前授業*を始めました。すると保護者や小学校の先生方から「もっと多くの小学校で実施できる教材にしてほしい」という要望ができました。そこで、東方通信社の協力を得て本書を出版することにしました。

本書は子どもが楽しめる絵本であると同時に保護者向けの解説本です。本書に紹介されている簡単な実験や解説を通して、土の吸着特性と放射性セシウムの関係をより多くの方が正しく理解し、地域再生のパワーの源にいただければ幸いです。

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 「ドロえもん博士」こと溝口勝

※出前授業は JST（科学技術振興機構）の平成 26 年度科学技術コミュニケーション推進事業のプロジェクト「復興農業による官民学連携協働ネットワークの構築と展開」の一環で実施されました。



放射性物質への土のはたらき、わかったかな？

土は放射線から身を守るために
大切な力を持ってるんだよ。



放射性物質とそれに対する
土の力についてわかった気がします。



放射線について、
正しく理解して
正しく恐れることが
大事だね。



溝口 勝



1960年 栃木県に生まれる
1982年 東京大学農学部卒業
1984年 東京大学大学院博士課程中退
1984年 三重大学農学部
1999年 東大農学生命科学研究科
現在に至る

加藤 千尋



1985年 岡山県に生まれる
2007年 東京農工大学農学部卒業
2012年 東京大学大学院博士課程修了
2013年 弘前大学農学生命科学部
現在に至る

坂井 勝



1979年 福岡県に生まれる
2002年 東京大学農学部卒業
2007年 三重大学大学院博士後期課程修了
2011年 三重大学大学院生物資源学
研究科
現在に至る

西脇 淳子



1977年 福島県に生まれる
2002年 千葉大学大学院自然科学
研究科修了
2006年 東京大学大学院博士課程修了
2011年 茨城大学農学部
現在に至る

徳本 家康



1979年 熊本県に生まれる
2007年 岩手大学大学院
連合農学研究科博士課程修了
2013年 テキサス A&M大学 Ph.D 取得
2013年 佐賀大学農学部
現在に至る

廣住 豊一



1977年 石川県に生まれる
2003年 三重大学大学院
生物資源学研究科修了
2004年 三重大学生物資源学部
2006年 三重大学生物資源学部・
生物資源学研究科
2015年 四日市大学環境情報学部
現在に至る

渡辺 晋生



1970年 愛知県に生まれる
1999年 三重大学大学院
生物資源学研究科修了
2001年 三重大学生物資源学部
2006年 三重大学大学院
生物資源学研究科
現在に至る

著者／

発行所／東方通信社

発売／ティ・エーシー企画

印刷・製本／空欄

□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□□□□

裏表紙