

前言



致大人的话

2011年3月,由于东日本大地震引发的核事故,福岛县内的许多地区被放射性铯元素污染。作为农业土木工程领域里专攻土壤物理学的科学研究者,我开始关注放射性铯对农田的污染。我担心农地里的庄稼等农作物会被放射性元素所污染。因此,我开始研究并探索土壤颗粒的吸附特性与放射性铯元素之间的关系,终于开发了一种任何人都可以做到的简单的去污方法。但是,如果要理解这种去污方法,就有必要正确的理解土壤所拥有的吸附特性以及辐射的定义。

实际上,2015年是联合国指定的国际土壤年,旨在强调土壤的重要性。我号召大学从事研究的学生们(农业和农村工程学会土壤物理研究小组的年轻科学家们)一起构思了一个可以让小学生通过实验了解粘土的特性并从中获得乐趣的教育项目。我们在福岛县的小学和科学博物馆中,开设了一个名为“哆啦A梦博士的土壤是魔术师!”的上门课程*。由于孩子们的父母和老师多次向我们提议说:“希望在更多的小学广泛使用的教科书。”于是,我们在东方通信社的协助之下,一起出版了这本书。

这本书不仅是一本可以让孩子乐于其中的图画书,同时也是面向父母的解说书。希望本书中介绍的简单实验和解释能使更多的人正确理解土壤吸附特性与放射性铯之间的关系,并将其作为区域再生的动力来源,这将是我們最乐于见到的。

* 上门课程:是JST(科学技术振兴机构)与科学技术交流推进事业机关联合实施的名为“为复兴农业公私学术合作网络的建设与发展”项目中的一环。



「铯元素」? 「辐射」? 到底是什么呢?

虽然有一点点难度,让我们跟着这本绘本一起来学习吧!



我们经常在电视和报纸上看到的
「铯元素」和「辐射」,到底是什么呀?
很想了解一下但看上去好像很难哦...



大家跟着我一起
一边学
一边动脑筋哦!

哆啦A梦博士

大学里研究土壤的老师。
最擅长的技能是做泥丸子。



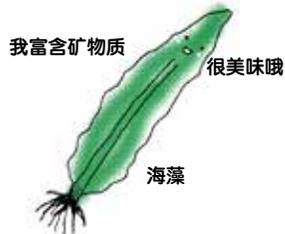
辐射在哪里呢？

辐射在我们身边很多地方都存在，发挥着各种各样的作用哦！

它为什么会造成这么大的混乱呢



很多人会感到担忧，是因为我们看不到它，又不了解它，但其实，我们身边就存在很多的辐射哦。



啊~温泉万岁!



嘿! 看我的骨头!



高处



在日常生活中的辐射含量

身边的辐射	辐射含量 (mSv)
在瓜拉帕里 (巴西) 的自然辐射	10 (一年)
胸部计算机 X 射线断层扫描检查 (CT 扫描)	6.9 (一次)
世界平均自然辐射	2.4 (一年)
普通人的辐射量限度 (不包括医疗服务)	1 (一年)
胃部 X 射线检查	0.6 (一次)
东京 - 纽约航空旅行	0.2 (往返)
胸部 X 射线检查	0.05 (一次)

含钾-40 的食品的放射性

含钾-40 的食品例子	辐射能 (Bq/kg)
干香菇	700
生海藻	200
菠菜	200
牛肉	100
鱼	100
白米	40

引用来源: 一般社団法人广岛县医师会 (<http://www.hiroshima.med.or.jp/pamphlet/245/2-2.html>)

存在身边的辐射



致大人的话

辐射的单位是根据不同的目的来区别使用的。其中，“Sv (西弗)”表示辐射对人体的影响程度，“Bq (贝可)”则表示放射性物质 (→第9页) 的辐射能强度。

在我们周围的所有物体都可以发出辐射，例如宇宙，大地，空气还有食物等等，每年我们在日常生活中会受到的自然辐射大约为 2.1 mSv (日本的平均水平)。此外，在海拔越高的地方，受到来自宇宙的辐射剂量就越高，当您坐飞机在东京和纽约之间飞行一个来回时，您会受到大约 0.2mSv 的辐射。钾作为一种矿物质，存在少量的“钾-40”，它会散发出辐射，并伴随着食物一起进入人体。钾含量高的食物包括海带干 (2,000 Bq/kg)，干香菇 (700Bq/kg) 和薯片 (400 Bq/kg) 等。另外，在现代，辐射是可以被人为地产生的，并被用于包括医疗在内的各种场合。例如，单次胸部 X 射线检查将会让你受到大约 0.05mSv 的辐射。



它和地震有什么关系呢？ 那时候发生了什么？

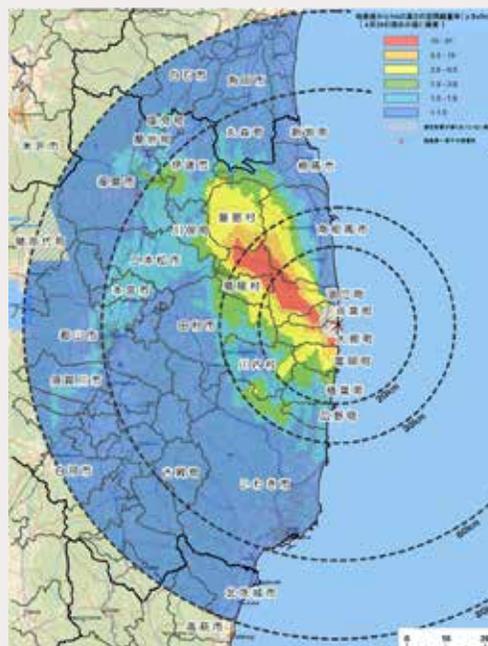
2011年大地震的时候，福岛的核电站发生了事故，放射性元素铯-137泄漏了。



东日本大地震的时候发生了什么呢？



福岛的核电站发生了巨大的事故，“放射性物质”大量的泄漏出来。



日本教育部以及美国能源部通过航空器监测到的结果
(铯-134、137在地表的积蓄量统计)

引用来源：原子力規制委员会 HP 2011年4月5日公开资料
(http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/4000/3710/24/1305820_20110506.pdf)

在原子能发电事故中泄漏的有害物质是铯-137



致大人的话

2011年3月11日，东日本大地震发生后，福岛第一核电站发生事故，大量的放射性物质(→第9页)从核电站泄漏出去。被释放的放射性物质通过风向四处传播，并伴随着降雨、降雪等降落到地表面。经确认，事故中被释放的放射性物质包含碘(碘-131、碘-132、碘-133)、铯(铯-134、铯-137)等。其中，对我们的生活环境有重大影响的放射性元素是放射性铯(铯-137)。这是因为它的半衰期(→第13页)长达30年之久，相比同时期释放的其他放射性物质要长很多。



放射性物质…?

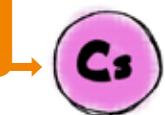
放射性物质就是能放出辐射的物质哦。
放射性物质放出辐射之后,会慢慢变得稳定哦。

放射性物质和辐射是
同一种东西吗?



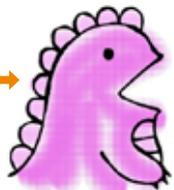
以喷火怪兽为例来思考吧
如果将放射性物质比作
“喷火怪兽”的话,那么辐射就是“火”
辐射会对我们身体中的
细胞造成伤害!

铯-137
(放射性物质)

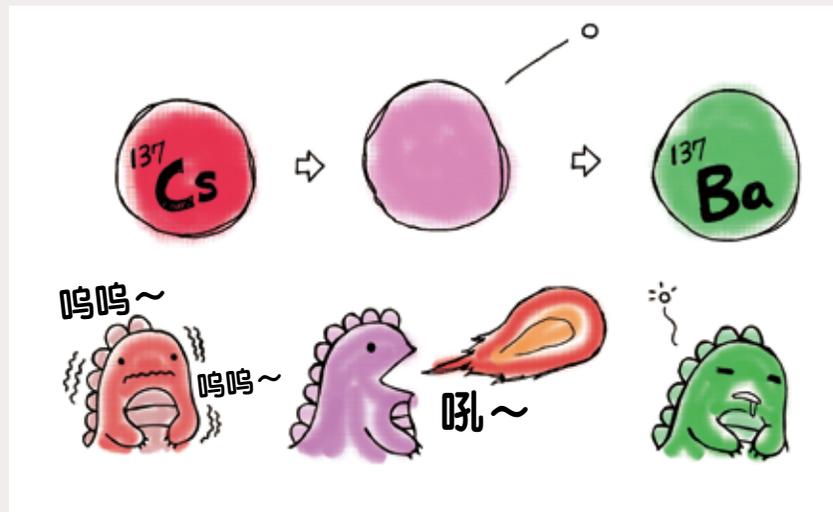


辐射

喷火怪兽



喷出的火



放射性物质是什么?



致大人的话

我们身边的所有“东西”都是由许多称为原子的小粒子组成的。福岛第一核电站事故中泄漏的物质中就含有“放射性元素铯”的原子。放射性元素铯原子会自发地分解成另一个称为钡的原子,当该原子分解时,就会放射出辐射。我们就把能够以这种方式放射出辐射的物质称为“放射性物质”。放射性元素铯通过自然分解产生的钡是稳定的,因此此后将不再产生辐射。

如果物质中的放射性原子(例如放射性铯)的数量很大,则意味着可以被分解的原子数量也会增加,并且放出的辐射量也会增加。辐射的强度称为“辐射能”,以“Bq(贝可)”(→第5页)为单位表示。Bq表示的是在一秒钟内有多少放射性原子分解。

辐射存在很多种类型,例如 α (阿尔法)射线, β (贝塔)射线, γ (伽马)射线和X射线等,放射性元素铯发出的是 β 射线和 γ 射线。与 α 射线和 β 射线相比, γ 射线和X射线具有的穿透力更强(→第23页)。

参考: 泽田哲生 监修「目で見て分かる! 放射能と原発」(双叶社)

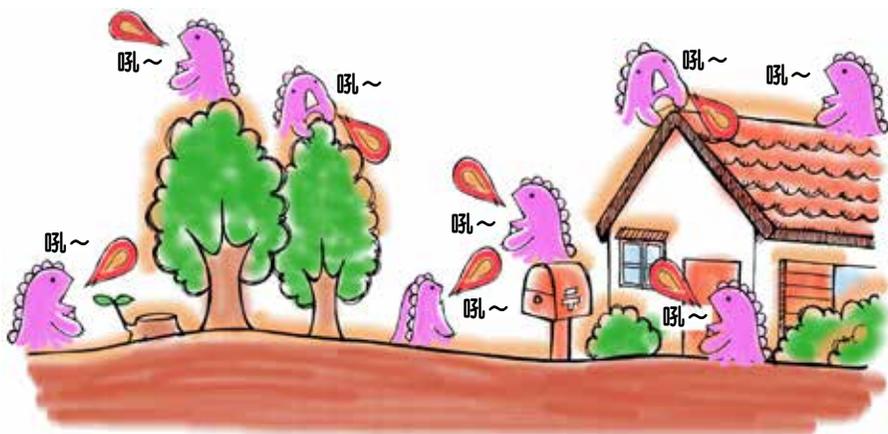


怪兽在哪里呢?

从空中散落下来，
隐藏在许许多多物体的表面哦!



喷火怪兽
在外面的哪里呀?



逃窜到空气中的喷火怪兽
(放射性物质 铯-137)，
散落在了地面和房顶等地方。
然后喷出了大量的火焰(辐射)。

森林中空间辐射量自动测量系统



在很多地方产生了辐射的铯



致大人的话

在核电站事故期间泄漏出来的放射性物质，例如放射性铯和放射性碘等放射性物质，落在了森林、田野、房屋和其他几乎所有的地方。尽管放射性碘的影响在事故发生后已经消失了，但放射性铯依然会附着在房屋、土壤、植物叶子等物体上面，至今仍在持续放射出辐射。但另一方面，由于铯本身不是气体，因此即便它可以通过粘附在细小的尘埃上而在空气中漂浮，其本身不会漂浮在空气中。此外，它也不会再有新增。因此，最有效的去污方法是找到放射性物质剂量高的地方并集中的进行除染处理※。由于放射性物质铯大多附着在屋顶和地面上，因此从受到铯的辐射量来看，通常在房屋外比房屋内高，在室内高处比低处高，而在室外靠近地面的地方更高。

※即使到现在，测量田间和森林中的辐射剂量，并监测测量的变化和去污效果相关的研究仍在进行中。

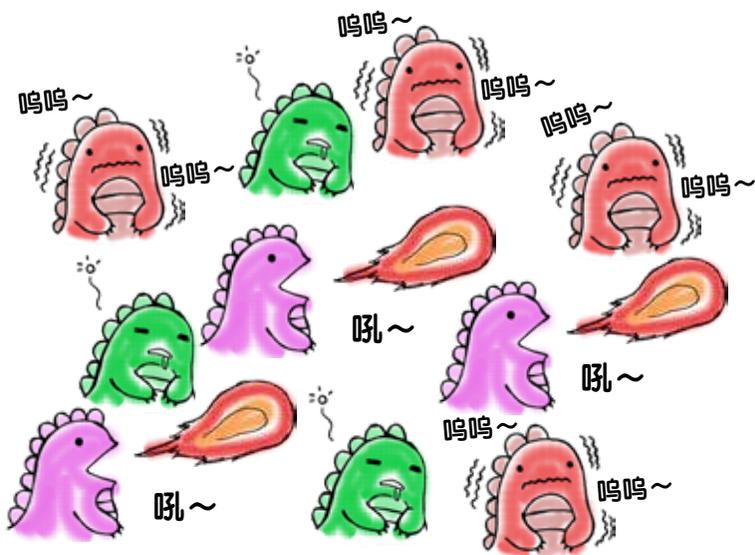


怪兽会待到什么时候呢?

花费30年才能减少到现在一半的量。
花费100年才能减少到现在十分之一的量。



喷火怪兽(铯-137)只要喷完火(发出辐射)就会变成无害的怪兽(其他的物质)让喷火怪兽的数量减半需要花费长达30年。



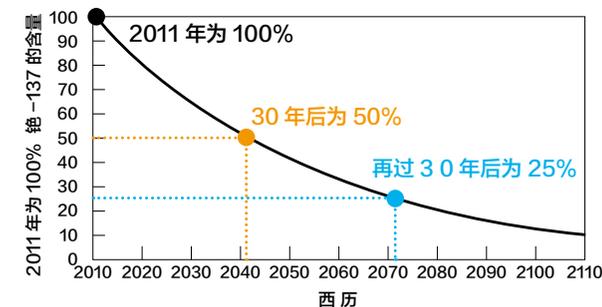
30年! ?
这是一个直到我长大了都要去考虑的问题呀!

主要的放射性物质的半衰期

放射性物质	半衰期
碘-131 (131I)	8.0 天
△ 铯-134 (134Cs)	2.1 年
铯-90 (90Sr)	28.8 年
○ 铯-137 (137Cs)	30.1 年
镭-226 (226Ra)	1,600 年
钚-239 (239Pu)	24,000 年
铀-238 (238U)	45 亿年

※与铯相比,其他放射性物质的释放量远远小于它

从半衰期预测铯-137 的量的变化



放射性元素存在半衰期



致大人的话

放射性物质一旦发出辐射,便会变为与原先不同的另一种物质。我们将某种放射性物质将一半的量变为另一种物质所需要花费的时间称作“半衰期”。核电站事故发生时人们关注的放射性元素碘(1-131)的半衰期为8天。因此,在事故发生后第8天由碘产生的辐射能迅速变成了原先的二分之一,第16天,该量又迅速地减少到了最初的四分之一,并且在两个月内该数量迅速消减到不足1%,现在它带来的影响已经不复存在。而另一方面,铯-137 的半衰期长达30年左右,如果不进行除染处理,即使过去5年以上,事故发生地附近的残留量也将保持事故发生时辐射量的90%左右。如果要减少到10%需要将近一百年,因此从长远来看,我们必须解决这个问题。如今,与铯相比,其他的放射性物质的辐射释放量极少,甚至可以忽略不计。

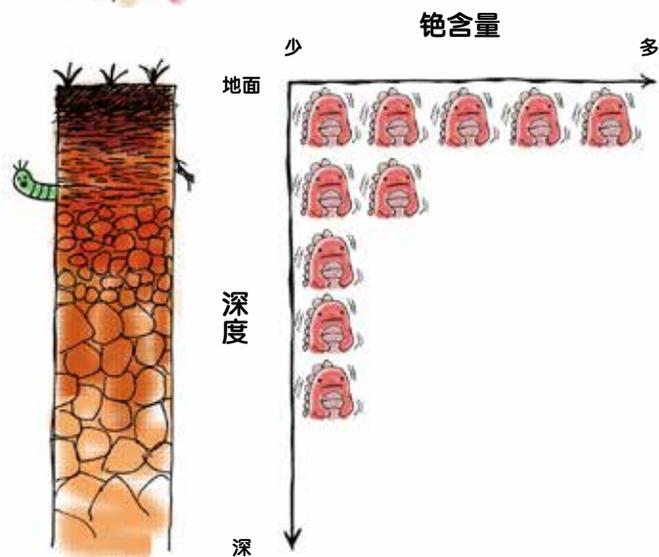


泥土里也有怪兽吗？

它们藏在距离地表面很近的地方，深的地方几乎没有哦。



落到地面后的铯元素发生了什么？

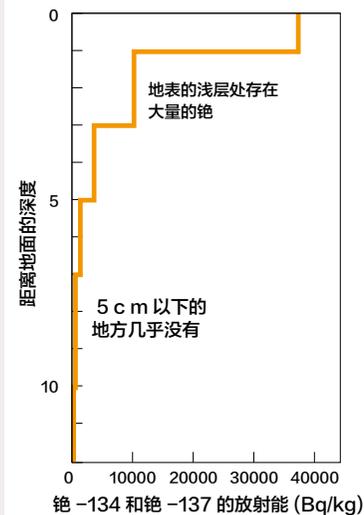


经过检查之后，只有在距离地面往下5厘米止的区间内发现了明显的放射性。



土壤取样时的场景
(2012年10月饭馆村左须地区稻田)

被测定的稻田土壤中的铯浓度



引用来源：堀沢ら「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」、Radioisotopes誌、8月号、2011

落到地面的铯元素都去哪了



大人的话

事故发生后的2011年5月24日，我们对福岛县稻田中的土壤进行了取样，并对放射性铯进行了测定。从测定结果中我们发现，绝大多数的放射性铯存在于从地表到大约5cm深度为止的地方，未能从更深处检测到高含量的放射性物质。通常，像肥料之类的喷洒在土壤上的物质会溶解在雨水中，并流入土壤深处。但是，稻田的土壤粒子具有比其他物质更强地吸附铯的能力（吸附能力）。吸附了铯的土壤颗粒也会随雨水流入土壤，但是这些颗粒会被其他土壤颗粒的缝隙夹住，不会流入土壤深处（过滤作用）。我们将在下一页解释名为“吸附作用”和“过滤作用”的土壤力量。

但是，也有报告显示，在被野猪等动物翻掘过的地方，相对深的土壤中也混杂着铯元素。

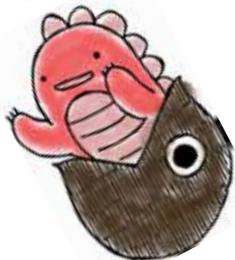


为什么只存在于离地面近的地方？

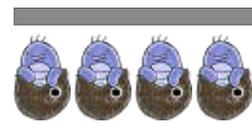
因为泥土对铯拥有神奇的力量哦。



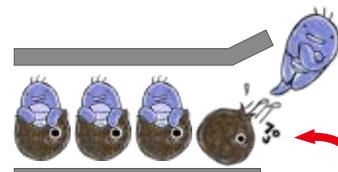
泥土中小颗粒对铯有很强的吸引力。这叫做“吸附现象”哟！



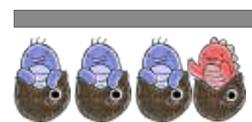
铯一旦和土壤的粒子黏着在一起，就分不开了呢。



云母中含有钾。



当铯接近的时候...



铯将钾取而代之了！



铯元素和钾元素非常相似！

关于能够吸附放射性物质的土壤



致大人的话

黏土颗粒在土壤吸附作用中起主要作用。黏土是一种直径小于0.002毫米的土壤颗粒，它是由长时间的岩石破裂（物理风化）、在水中溶解并变质（化学风化）的过程形成的。像这样产生的黏土可以参与到除染中来。黏土表面带负电荷，对带有正电荷的铯等离子和极性分子具有吸附能力。风化云母（蛭石和伊利石）是黏土的一种，对铯有特殊的强烈的吸附能力。

风化云母具有层状结构，把钾像三明治一样被夹在中间。当化学性质类似于钾的铯接近切面时，它将取代钾并渗透到各层之间，变成极为稳定的存在。众所周知，在福岛省的阿武隈山系中有大量的蛭石和伊利石存在。

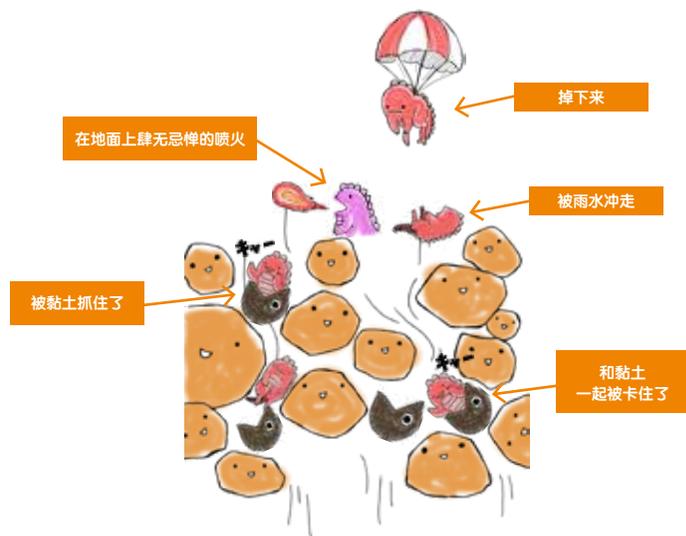


放射性物质会不会和土壤颗粒一起随着雨水进入泥土深处呢?

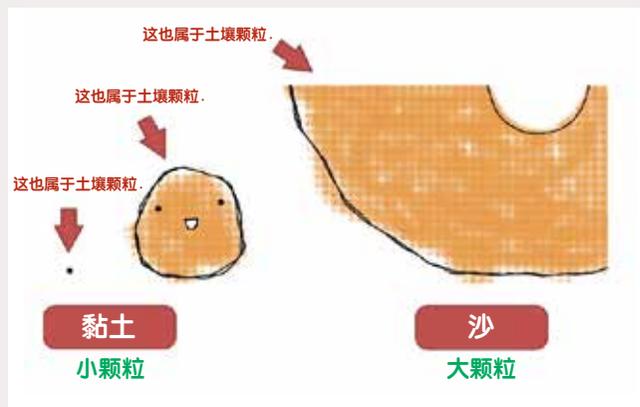
这也是土壤不可思议的力量哟!
让我们来看看土壤里发生了什么吧!



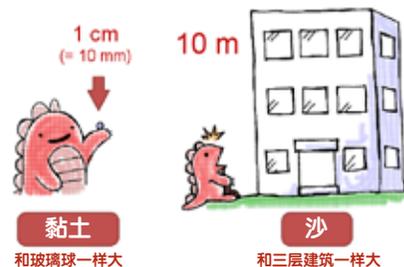
被铯吸附的土壤颗粒被其他的土壤颗粒所形成的小间隙卡住了,不能再往其他地方移动了。
这种土壤的力量被称为“过滤作用”。



所以即便下雨,附着铯的土壤颗粒也不能再往深处流去。



“颗粒”的大小有很多



土壤颗粒的大小有很多



致大人的话

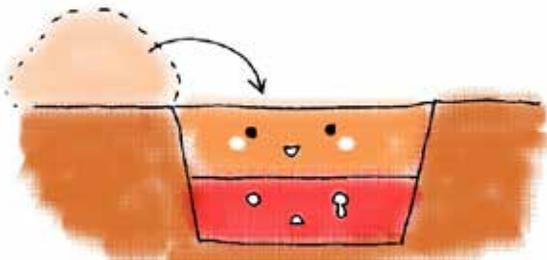
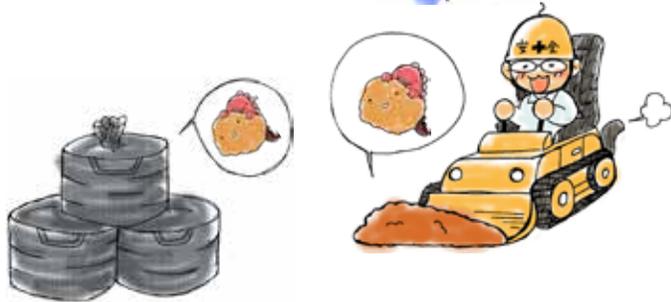
根据颗粒的大小,土壤颗粒可以分为黏土(直径小于0.002毫米),粉沙(直径0.002至0.02毫米)和沙(直径0.02至2毫米)。打个比方:如果黏土颗粒是直径为1厘米的玻璃球,那么沙的颗粒将与三层楼的建筑物一样大。因此,土壤就是由这些不同大小的土壤颗粒和有机物构成的。在土壤中,土壤间隙的大小和形状取决于黏土、粉沙和沙的比例,并以连通或封堵等各种各样的连接形式存在。土壤的过滤作用就是通过这种网状间隙将某些物体卡住的现象。有些小的间隙小于0.001毫米,因此,即使是与水一起流动的黏土颗粒也会在途中被困在较小的间隙中,并残留在土壤表层。



该怎么处理被污染的土壤呢?

将表层土壤剥离,再埋起来的话,就可以防止辐射伤害我们了哦。

由于被污染的只有表层的土壤,所以只要把它们剥离就可以了么?



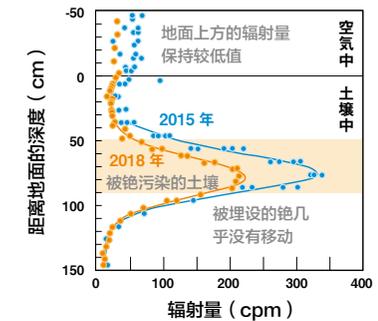
除了用袋子收集被污染的土壤的方法,还有可以把表层土壤深埋的方法哦!



污染土埋设实验的场景

埋设的铯污染土壤的辐射量

※cpm (Count Per Minute) 是辐射计测器的表示值



引用来源: 沟口「飯館村の水田に埋設された汚染土壌から放射性セシウムは漏出するか?」H30 农业农村工学会大会 演讲会

用柔性容器袋法和上下翻耕法等去除铯污染



致大人的话

农林水产部根据放射性铯污染的程度,推荐了以下三种农地净化的方法,分别是剥离表土法(10,000 Bq / kg 以上)、泥水搅拌处理法(5000-10000 Bq / kg),以及反向耕作法(5000 Bq / kg 以下)。但是,大多数实际使用的方法是剥离表土方法。将通过表土剥离收集到的污染土壤装到一个平时用于运输谷物,土和沙的约1立方米的大袋中,该袋子称为柔性容器袋(flexible container bag),并保管在临时存放点和备选存放点。在存放的FIBC袋的外部,套有一个装有未污染沙子的FIBC袋,以减弱扩散到周围区域的辐射量(→第23页 遮蔽)。这样的柔性容器袋被大量地堆放在了临时存储点和备选存放点,但是现在它们正在被逐渐转移到集中存储点。

反向耕作(上下翻耕)是一种使用农业机械反转上下土壤并将受污染土壤深埋在地下的方法。如果按照农林水产部的标准采用这种方法,可以大幅减少需要用FIBC袋存储的污染土壤。但是,由于担心残留在地下的放射性铯会移动到地下并污染地下水,因此很少采用上下翻耕法。

哆啦A梦博士实际上尝试过将受污染的土壤埋在地下50-90厘米的深度,并用未污染的土壤覆盖。现在,仍定期测量辐射量,已经确认埋入的放射性铯几乎不会移动,并且地面上方的辐射量保持在较低值(右上图)。



怎么做才能保护自己免受辐射的伤害?

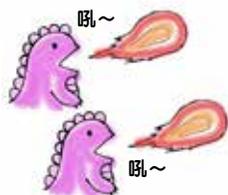
保护自己免受辐射伤害的方法有三个哦!



以下三点
一定要注意哦!



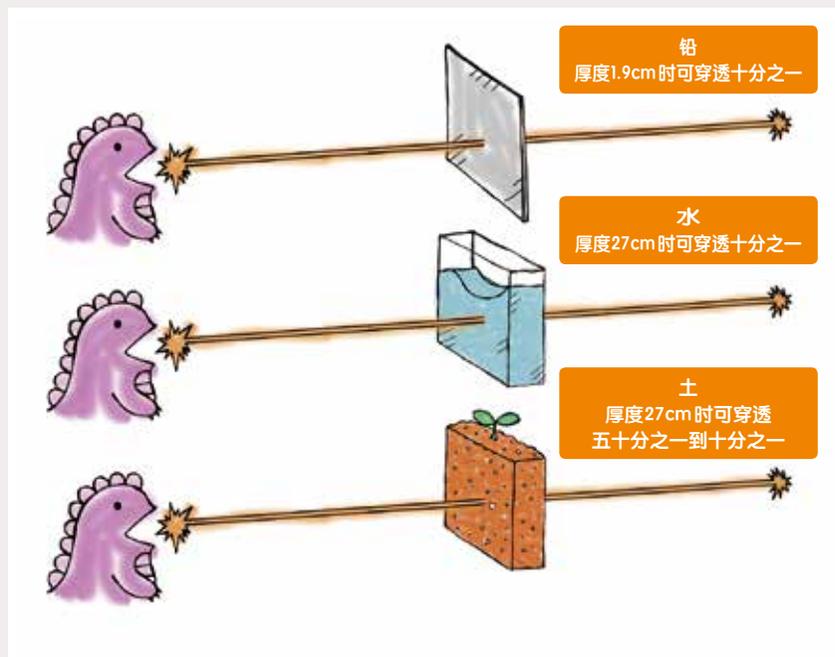
① 远离放射性物质



② 减少受辐射的时间



③ 将辐射源封闭在密闭的箱子里!



怎么做才能保护自己免受辐射的伤害



致大人的话

① 距离

对于光和声音来说, 远离光源或声源, 灯光和声音会变暗和变小。辐射也不例外, 随着放射性物质距离变远, 放射性强度也会变小。辐射强度与距放射性物质距离的平方成反比。

② 时间

即使呆在一个短时间内觉得凉爽的屋子里, 呆久了也会觉得透心凉。对于辐射来说也一样, 接触的时间越短, 受到的影响也就越小。

③ 遮蔽

当光线刺眼时, 如果有一些障碍物的话, 耀眼的感觉就会减少。如果有东西也能阻挡辐射, 则其影响也会变小。用一张纸遮蔽光线时依然会感到明亮, 但如果用一百张纸, 光线也会变暗。但如果是金属板的话, 再薄光也透不过去。因此对于辐射的屏蔽效果, 取决于屏蔽物的厚度和类型。



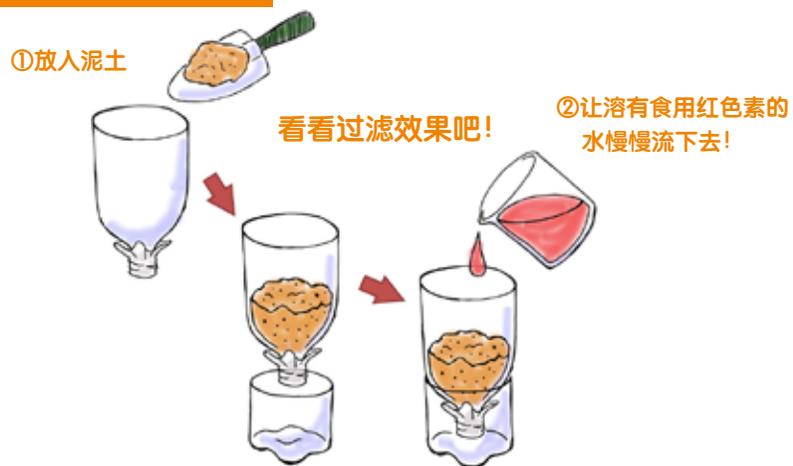
实验：土壤是魔术师！

利用塑料瓶来做一个实验吧！
看看土壤拥有怎样神奇的力量吧！

试着看看过滤效果吧！



试着看看吸附现象吧！



用塑料瓶进行吸附实验的样子(从左开始,田里的土、山上的土、海里的沙、锯木屑)

理解水的流动和土壤作用的实验



致大人的话

将塑料瓶切成两半，用橡皮筋将纱布和瓶口牢牢的绑住。底部放一个烧杯用于盛水。请使用间隙是土壤颗粒无法通过的纱布，或使用两层纱布。

将泥土放入塑料瓶中时，不要用力按压，那样会使水通过的间隙变窄，并且可能很难出水。该实验需要重复几次，但是如果重复太多，细小的土壤颗粒将填充最初放置在塑料瓶中的土壤中的空隙，因水分的重量而固定住，导致水很难流动。如果出现这种情况，请更换塑料瓶中的泥土。仔细观察，会发现土壤的表面容易出现粘土颗粒的聚集，这减慢了水的流动。我们将这种现象称为“滤饼过滤”。

在吸附实验中，我们需要使用溶有少量红色食用色素的水。因为如果太浓，则有可能会超过土壤的吸附能力，可能会很难区分出水颜色的变化，所以请试着调整一下浓度。在沙子中，红色的水和浑浊的泥水原样流出，而在田间土壤中，无色透明或者颜色变淡的水流出。



土壤对放射性物质的影响力现在明白了吗？

土壤在保护我们免受辐射影响上拥有非常强大的能力哦！



我已经明白了放射性物质以及土壤对它的作用了！



关于辐射，
正确的理解它，
然后好好保护好
自己是很重要的。



结语



致大人的话

虽然放射性物质正在逐年减少，但是它们的减少速度却变得越来越慢。铯-137的半衰期长达30年，我们需要面临的将是一场持久战。

我们在福岛省内的小学及科学馆开展土壤的实验课程，让小朋友们来体验泥土的吸附现象和过滤效果。这是为了培养能够正确理解泥土吸附放射性物质作用并且能够独立思考和行动的孩子。此外，为了能让更多人了解泥土的神奇，我们决定把实验课程中使用的教材出版。我们希望父母可以和孩子们一起阅读这本书，一起尝试跟着书本进行实验，并最终可以正确理解土壤的吸附性与放射性元素铯之间的关系。

过度的害怕是不可取的。我们相信，积极面对现实是解决问题的第一步。由放射性物质铯引发的污染不是一朝一夕就能解决的，我们未来还有很长的路要走。如果这本书能够对解决放射性污染有一点帮助，我们会非常开心。

东京大学研究生院农学生命科学研究科教授 被称为“哆啦A梦”的沟口 胜博士

〈哆啦A梦博士和他的朋友们〉

沟口 胜



1960年 出生于日本栃木县
1982年 东京大学农学部毕业
1984年 东京大学研究生院博士课程退学
1984年 三重大学农学部助手
1999年 东京大学研究生院
农学生命科学研究科 助教
至今 东京大学研究生院
农学生命科学研究科 教授

加藤 千寻



1985年 出生于日本冈山县
2007年 东京农工大学农学部毕业
2012年 东京大学研究生院博士课程毕业
至今 弘前大学研究生院农学
生命科学部 助教

坂井 胜



1979年 出生于日本福冈县
2002年 毕业于东京大学农学部
2007年 三重大学研究生院
博士后期课程毕业
至今 三重大学研究生院
生物资源研究科 讲师

西脇 淳子



1977年 出生于日本福岛县
2000年 千叶大学理学部毕业
2006年 东京大学研究生院博士课程毕业
至今 茨城大学农学部 助教

德本 家康



1979年 出生于日本熊本县
2002年 佐贺大学农学部毕业
2013年 博士学位取得(德州农工大学)
至今 佐贺大学农学部 助教

廣住 豊一



1977年 出生于日本石川县
1999年 三重大学生物资源学部毕业
2012年 三重大学研究生院
博士后期课程毕业
至今 四日市大学环境信息学部 准教授

渡边 晋生



1970年 出生于日本爱知县
1994年 三重大学生物资源学部毕业
1999年 三重大学研究生院
博士后期课程毕业
至今 三重大学研究生院
生物资源学研究科 教授

第一版：2019年3月11日

作者：哆啦A梦博士和他的朋友们

译者：章浩栋

出版者：古川 猛

出版社：东方通信社

发 售：TNC 规划

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町1-14-4

电话：03-5518-8844 传真：03-5518-8845

非 卖 品：本书是在2020年学术研究活动支援项目

(在大学等机构中运用“复兴知识”促进福岛革新·沿海构思项目)的支持下出版的。