

活用例1

原子力発電の仕組み と放射線

活用例1「原子力発電の仕組みと放射線」について

- 科学館にて公募した小学6年生～中学3年生を対象に、開発プロジェクトの一部メンバーが実践した事例

○メモ用紙とワークシート(WS)

- ・メモ用紙
- ・WS 1「エネルギー変換と変換装置」
- ・WS 2「コンセントの電気は何からつくる(わが国の電源別発電量)」
- ・WS 3「原子核と原子の大きさの関係」
- ・WS 4「自然放射線の測定記録」
- ・WS 5「どっちが危険－信号機付き横断歩道の横断－」
- ・WS 6「どっちが有益(有害)?－放射線利用、するとならないではどちらが社会にとって有益(有害)だろう－」

○講師用資料

- ・プレゼンテーション用資料
- ・自然放射線の事前測定例

活用例 1 「原子力発電の仕組みと放射線」について

1. 学習のねらい

原子力発電及び電気エネルギーの利用に関する科学原理と実用化の技術について学ぶとともに、原子力発電や電気エネルギーの利用が現代社会に果たしている役割や影響についても簡単に触れ、科学技術との付き合い方やその意義について考える。

2. 学習範囲と教材の関係主題

学習範囲	教材の関係主題
・エネルギー変換及びエネルギー利用の観点からみた電気エネルギーの有用性	主題2「電気を届ける仕組み」
・原子力発電の原理とそれを実用的な発電装置とする技術的な仕組み	主題3「原子力発電のエネルギーの源」
・放射線に関する基本的な知識	主題4「放射線」
・科学技術の社会への応用とリスク	主題4「放射線」及び 主題5「福島事故から学ぶ」

3. 対象学年と学習項目

対象学年：小学校6年～中学校3年

学習形態：講義と体験活動（自然放射線の測定）

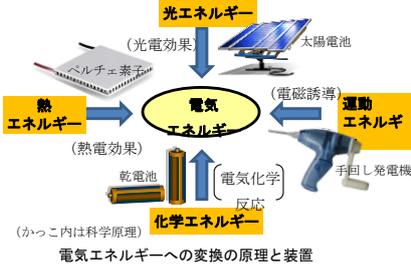
学習項目と主な実験や活動、使用する装置など

No	学習項目	実験・活動・装置など	ワークシート(WS)
1	様々な発電方法 (15分)	・LED 発電の演示実験 ・発電側へのエネルギー変換の展示： 熱電発電／ペルチェ素子、圧電発電 ／圧電素子、発電機模型／電磁誘導	WS1「エネルギー変換と変換装置」：電気製品に利用されているエネルギー変換を記述
2	コンセントの電気に使われている発電方法 (10分)	・コンセント(100/200V) 実物展示	WS2「コンセントの電気は何かからつくる（わが国の電源別発電量）」：電源別発電量の年度推移と利用されている科学原理の考察
3	原子力発電のエネルギー源 (15分)	・原子・分子モデル及び原子核モデル	WS3「原子核と原子の大きさの関係」：相対的な関係を琵琶湖と比較
4	原子力発電の仕組み (20分)	・火力発電実験装置の演示実験 ・加圧水型原子力発電模型の演示実験	—
休憩			
5	放射線 (40分)	・簡易分光器の制作（休憩時間から） ・放射線測定体験	WS4「自然放射線の測定記録」
6	科学技術とリスク (10分)	・リスクに関する簡単な説明	WS5「どちらが危険—信号機付き横断歩道の横断—」 WS6「どちらが有益（有害）？ —放射線利用、するとならないではどちらが社会にとって有益（有害）だろう—」
7	まとめと質疑 (10分)	—	—

所要時間は計画、放射線測定体験に要する時間はフィールドへの移動時間などによって増減する。

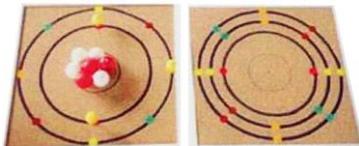
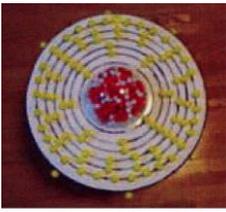
4. 学習の展開

WS : ワークシート

学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>1. 様々な発電方法 (15 分間)</p> <p>問いかけ：これは何だろう。</p>  <p>(手回し発電機で光らせる)</p> <p>その他のエネルギーと電気エネルギーとの変換原理の確認 (演示)</p>  <p>電気エネルギーへの変換の原理と装置</p>  <p>熱電発電</p>  <p>圧電発電 (ビー玉が当たるとLEDが光る)</p>  <p>発電機模型</p>	<p>電気エネルギーはエネルギー資源からエネルギー変換によってつくられること、暮らしを便利なものにしてくれる電気製品は、この電気エネルギーを再び様々な科学原理によってエネルギーに変換して利用する装置であることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> LEDに明かりを当て発電することを確認。 LEDは照明装置でもあり発電装置でもある。 ※LED (Light Emitting Diode) は順方向に電圧を加えると発光するPN接合の半導体素子。原理はEL (Electro Luminescence)。 電気エネルギーへのエネルギー変換は可逆性のあるものが多い。すなわち、電気エネルギーは様々なエネルギーから変換でき、かつ容易に様々なエネルギーに変換できる。世の中の装置・道具のほとんどはエネルギー変換装置とみなすことができ、電気エネルギーの利用が現代生活を便利で豊かなものにした。 <p>幾つかの発電原理の展示を準備しておく。なお、それぞれの発電原理を利用した身近な製品をWS1で押さえる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気⇔光 展示する実験例：上述の実験 =>発電原理は光電効果：光で電位障壁を越えた電子が移動 電気⇔熱 展示する実験例：ペルチェ素子を使った熱電発電 =>発電原理はゼーベック効果：温度差による微弱な電界で電子が移動 電気⇔化学 展示する実験例：二次電池（口頭で十分と考えられる）または燃料電池 =>発電原理は電気化学反応：電気化学ポテンシャルでイオンが移動 電気⇔運動（その1） 展示する実験例：圧電素子を使った圧電発電 =>発電原理は圧電（ピエゾ）効果：結晶歪で生じた電界で電子が移動、高電圧だが微小電流 電気⇔運動（その2） 展示する実験例：電磁誘導の発電機 =>発電原理は電磁誘導：電磁力で電子が移動 	<p>補足・WS等</p> <p>LED 発電セット</p> <ul style="list-style-type: none"> 高輝度 LED (10 個並列) ハロゲンライト (LED を照らす) 電子メロディ (発電確認用) 手回し発電機 <p>WS1：エネルギー変換と変換装置</p> <p>ペルチェ素子による発電装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱電発電装置 ビーカー (2 個) 熱水と冷水(氷) <p>圧電素子による発電装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 圧電素子 フィルムケースとビー玉 LED (発電確認用) <p>電磁誘導による発電装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電機模型 手回し発電機

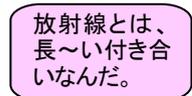
<p>小括</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電気エネルギーは「エネルギー変換」でつくる >変換装置は、発電機や電池と呼ばれる。 電気エネルギーの利用もエネルギー変換 >変換装置は、用途にあう名称で呼ばれる。例 TV、パソコン ✓電気製品は身の回りにあふれている。 ✓エネルギー変換が私たちの生活、産業、現代社会を支えている。 	<p>電気はすごい。</p> <p>がってんの確認 (メモ用紙)</p>
-----------	--	--

学習項目	学習のポイント	補足・WS等																																	
<p>2. コンセントの電気に使われている発電方法 (10分間) 問いかけ：この絵に間違いはある？</p> <p>※差込口は同じ長さではない</p> <p>わが国の電源別発電量と各電源の発電機に利用されている発電原理</p> <p>小括</p>	<p>わが国の発電方法別の発電量の割合と各発電方法に使われている発電機の方式を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 100V コンセント差込口は左側が長い。左側は接地側。ちなみに200Vは切れ目形 追加Q：100Vと200Vで形状が違う理由は？ <p>(注：コンセントは和製英語、英語ではoutlet)</p> <table border="1" data-bbox="1125 817 1449 1070"> <tr> <td rowspan="2">単相 100V</td> <td>一般</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>接地極付</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">単相 200V</td> <td>一般</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>接地極付</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">三相 200V</td> <td>一般</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>接地極付</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>質問 (WS2)：電源別発電量のグラフから</p> <ul style="list-style-type: none"> エネルギー資源別の発電方法に対応するのはどれか？ >水力発電、火力発電(石炭・石油・天然ガス)、原子力発電、地熱・太陽光・風力 >OECD ヨーロッパでは火力発電の割合が50%を切ったが、日本は約90%に増加。 それぞれの発電に利用されているエネルギー変換の科学原理は何か？ >電磁誘導—火力発電、原子力発電、地熱発電、太陽熱発電(日本にはない)、内燃機関発電、水力発電、風力発電、 >電磁誘導以外—太陽光発電、燃料電池 日本は火力発電が多い、原子力発電が止まって天然ガスと石油が増加、石炭も増えてきた。 >石炭・天然ガス・石油(化石燃料)は海外から輸入。 発電原理は電磁誘導がほとんど(回して発電)。 >太陽光発電が増えているがまだ少ない。 ✓今後、どのように電力を確保していくかは、大きな国民的課題。 	単相 100V	一般					接地極付					単相 200V	一般					接地極付					三相 200V	一般					接地極付					<p>コンセント実物</p> <p>WS2：わが国の電源別発電量</p> <p>今の電気は、もともと化石燃料。</p> <p>メモ用紙</p>
単相 100V	一般																																		
	接地極付																																		
単相 200V	一般																																		
	接地極付																																		
三相 200V	一般																																		
	接地極付																																		

学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>3. 原子力発電のエネルギー源 (15分間)</p> <p>物質の構造とエネルギー</p>  <p>電子軌道平面モデル</p>  <p>ウラン238モデル</p> <p>原子力発電のエネルギーの源</p> <p>小括</p>	<p>原子及び原子核の概略構造、相対的な大きさを押さえる。これらは後で出てくる放射線の学習にもつながる。核分裂の物理法則は日常的世界のそれとは異なり、そのため核分裂によって莫大なエネルギーが発生することを確認する。</p> <p>物質から原子核までの階層構造を知る。</p> <ul style="list-style-type: none"> 物質は分子の集合 分子は原子が結合 原子は中心に原子核、周囲に軌道電子 原子核は陽子と中性子の塊 陽子は正の電荷、電子は負の電荷 <p>質問 (WS3) : 琵琶湖の北湖の中心付近においた直径1mの球を原子核とすると、原子の大きさを決める電子は、どこまで広がっているか?</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子の内部はスカスカな真空の空間 周囲の軌道電子は放射線と電離作用を起こす。したがって電子が多いほど放射線のしゃへい効果は大きくなる。 <p>日常の世界とミクロの世界</p> <ul style="list-style-type: none"> 我々の世界では質量保存則、エネルギー保存則 ミクロの世界では質量とエネルギーが等価 <p>核分裂とエネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> 重い原子核は不安定 (=エネルギーが多く余分に重い)、それを多くの中性子がつなぐ 分裂で軽い元素になって安定化、余ったエネルギーが熱エネルギーと放射線、余った中性子で連鎖反応が維持できる <ul style="list-style-type: none"> 原子力発電のエネルギーの源はウラン原子の核分裂。 核分裂反応では、化石燃料の燃焼に比べて桁違いのエネルギーが発生。 <ul style="list-style-type: none"> ✓くっついたり (燃焼)、離れたりするとエネルギー。 ✓発生エネルギーが大きいので、それだけ取扱いにも注意を要する。 	<p>原子・原子核構造モデル (原子番号の小さいものと大きいもの)</p> <p>WS3 : 原子核と原子の大きさの関係</p> <div data-bbox="1220 1288 1444 1400" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>くっついたり離れたりして、余ったものがエネルギー。</p> </div>  <p>メモ用紙</p>

学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>4. 原子力発電の仕組み (20分間) 演示実験：火力発電実験装置</p>  <p>火力発電実験装置</p> <p>原子力発電模型(近畿大学での手作りです)</p>  <p>近畿大学制作の加圧水型 原子力発電模型</p> <p>小括</p>	<p>蒸気をつくり方以外の構成は火力発電と同じ。安全確保の基本は「止めて、冷やして、閉じ込める」。</p> <ul style="list-style-type: none"> 火力発電実験装置で発電実験。蒸気による発電の仕組みを概説。 <p>火力発電と原子力発電の蒸気をつくる仕組み</p> <ul style="list-style-type: none"> 火力は外部から燃料を入れながら発電 (例えると車のエンジン、キーオフで燃料を止めエンジン停止) 原子力は1年間の燃料を詰め込んで必要量を取り出しながら発電 (例えると充電済みの電池。但し、電池は線をつなぐと発電し線を外すと止まるが、原子炉はスイッチ(制御棒)を入り切り(制御棒の出し入れ)して使う。 導線を外した状態の乾電池が発熱することはないが、原子炉の燃料は一度使うと、燃料内に放射線を出すものが貯まり、止めても放射線の放出と発熱(崩壊熱)が続く。 このため、停止時も水の中に入れて、冷し続けるとともに放射線をしゃへいしている。 したがって安全確保の原則は「止めて、冷やして、閉じ込める」。安全確保の設備は何重にもあるが、全部この目的のためにある。 <p>加圧水型原子力発電模型による発電実験</p> <p>実際の発電所</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所の外観、主要機器の構造図 <ul style="list-style-type: none"> 原子力発電の仕組みは、①核分裂反応で発生した熱で蒸気をつくる ⇒ ②蒸気でタービンを回す ⇒ ③タービンにつながった発電機が回って発電。 ②以降は火力発電と同じ仕組み。 安全確保の基本は、「止めて」「冷やして」「閉じ込める」 ✓火力発電と原子力発電は、水力・地熱・風力も含めて兄弟関係。 ✓原子力発電だけは停止後も残留熱があるので、冷却を続ける必要がある。 	<p>火力発電実験装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験装置 燃料カートリッジ(ボタン) 水 <p>加圧水型原子力発電模型</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験装置 水 <div data-bbox="1225 1518 1449 1630" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>原子炉は止まっても、冷し続けないといけないんだ。</p> </div>  <p>メモ用紙</p>

【休憩】

学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>5. 放射線 (40分間) 簡単な工作：簡易分光器</p>  <p>自然放射線の測定体験</p>  <p>簡易測定器 〔可能であれば人数分〕 を関係機関から借用</p>	<p>放射線の基本的知識を身につける。</p> <p>簡易分光器で周りの光を見てみよう</p> <ul style="list-style-type: none"> ・紫の左側の黒い部分には何がある（紫外線）。 ・紫外線よりもっと左側の領域の光（電磁波）は放射線と呼ばれるー簡易分光器で見えないということは、周囲にないということだろうか。 <p><u>追加Q</u>：赤の右側にある黒い部分には何がある？</p> <p>身の回りに放射線があること、いろんなところ（物）から放射線が出ていることを体験する。また、線量が高いところ（物）と低いところ（物）があることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・簡易測定器の扱い方、測定方法を確認する。 ・測定器の単位を確認する。また、測定値（線量率）から年間の線量を求める方法を押さえる。 ・変化にとんだ地形、地質のところで体験するのがわかりやすい。 	<p>簡易分光器キット ・のり</p> <p>簡易測定器</p> <p>WS4 自然放射線の測定記録</p> <p>事前にフィールドの調査を行い、適切な測定ポイントを確認しておく。</p>
<p>放射線の基礎</p> <p>小括</p>	<p>基礎的事項に関する説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自然放射線と被ばく線量 ・外部被ばくと内部被ばく ・放射線の種類と性質 ・放射線の発生源 ・放射線関連の用語と単位 ・身体への影響 ・放射線の利用 ・放射線からの身の守り方 <ul style="list-style-type: none"> ・身の回りには自然放射線がある。生物は自然放射線とともに地球上で生存・進化してきた。 ・放射線には物質を透過する性質、一方で物質の軌道電子をはじき飛ばす（電離作用）。この特性が様々な分野で利用されている。電離作用：滅菌・殺菌、透過：レントゲン撮影。 ・放射線の人体への影響は被ばく線量と関係。正確な知識のもとに対処することが大切。 ✓見えないけど身の回りにいつもあるということは、ある意味、空気みたいな存在。 	  <p>メモ用紙</p>



学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>6. 科学技術とリスク (10分間)</p>	<p>リスクは単独で存在するのではなくベネフィットともにある。科学技術による光(明)の背後に影(暗)ができる。</p> <p>明: 利便性、リスク低減(医療・治水など) 暗: 利便性によって失われるもの、新たなリスク(副作用、環境汚染、テロ)</p> <p>持続可能な社会を築くには、科学技術とリスクとの付き合い方を皆が考えていく必要がある。</p>	
<p>問いかけ: 「放射線に関連するノーベル賞受賞者は、20人以上」、正 or 誤?</p> <p>リスク、リスクの特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・定義によるが、放射線関連の研究でノーベル賞を受賞した科学者は30名を下らない。 ・リスクの根本は不確実性にある。 ・リスクは危険なものと結びつけて考えられることが多いが、元々は冒険・チャレンジのニュアンスが強い概念。運命に従うのではなく、結果を選択していくという能動的な発想。 ・先人がリスクをとってチャレンジしてきたことによって、放射線の解明が進んだように、科学が発展し、我々はその恩恵に浴している。 ・一方で、科学技術が新たなリスクを生み出していることも事実。 ・しかし、光に影があるように、利便性とリスクは裏腹の関係。したがって、どう「うまく付き合うか」が求められている。 <p>リスクの定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リスク(危険度) = 危害の発生する確率 × 危害のひどさ ・JIS Q31000:2010 (ISO 31000:2009) 「リスクマネジメント-原則及び指針」ではリスクを「目的に対する不確かさの影響」と定義しており、悪いことも良いことも含まれる概念になっているが、生徒には分かりにくいと考えられるため、以前の悪い側面に注目した概念のひとつで説明することとした。 <p>リスクの特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゼロリスクはない ・リスク(客観的リスク)と主観的リスクは条件によって大きく食い違う。 ・あるリスクを減らすと別のリスクが増えることがある。 <p>リスクについて自分で考えてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・余裕があればワークシートで考えてみよう。 	<p>リスクの考え方、説明については、元甲子園大学学長木下富雄氏の資料を参照した。</p> <p>WS5: どちらが危険-信号機付き横断歩道の横断-</p> <p>WS6: どちらが有益(有害)? -放射線利用、するとしないではどちらが社会にとって有益(有害)だろう-</p>

<p>小括</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・何事にもリスクがあり、ゼロにすることはできない。 ・チャレンジの裏側にリスク(リターンとリスク)。 ・一方のリスクを減らそうとすると、それに伴って別のリスクが増えることがある。バランスが大切。 <p>✓目覚まし時計より、母さんに頼んだ方が確実? でも母さんも寝坊したことがあった。</p>	<p>いつも早起きのおじいちゃんにも頼んでおこう。でも、早く寝た方がよさそう。</p>  <p>メモ用紙</p>
-----------	---	---

学習項目	学習のポイント	補足・WS等
<p>7. まとめ (10 分間)</p>	<p>原子力発電の仕組み 放射線の基礎と「正しく怖がる」とは</p> <p>全体を通して質問</p>	<p>メモ用紙</p>

メモ用紙

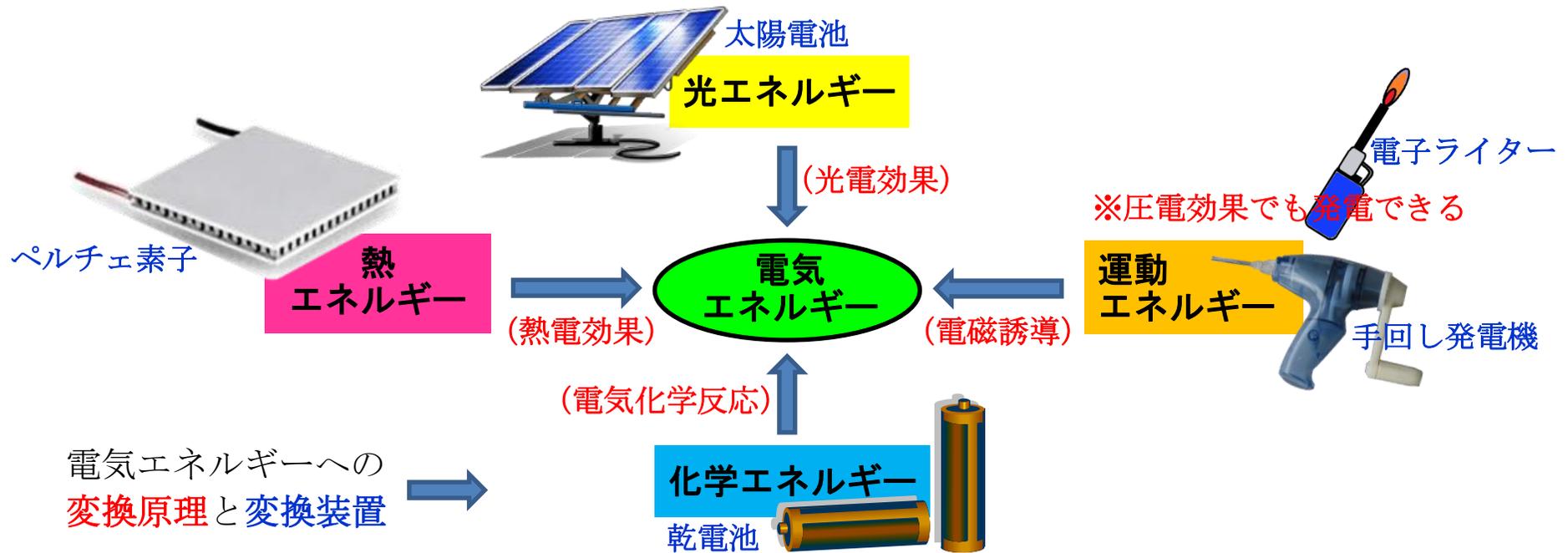
(1 / 3)

	気付いたことや 納得したこと  分からないことや もやっとしていること 
1. 様々な発電方法	
2. コンセントの電 気に使われてい る発電方法	
3. 原子力発電のエ ネルギー源	

	気付いたことや 納得したこと 	分からないことや もやっとしていること 
4. 原子力発電の仕組み		
5. 放射線		
6. 科学技術とリスク		

	気付いたことや 納得したこと 	分からないことや もやっとしていること 
7. 全体を通して		

ワークシート 1 : エネルギー変換と変換装置



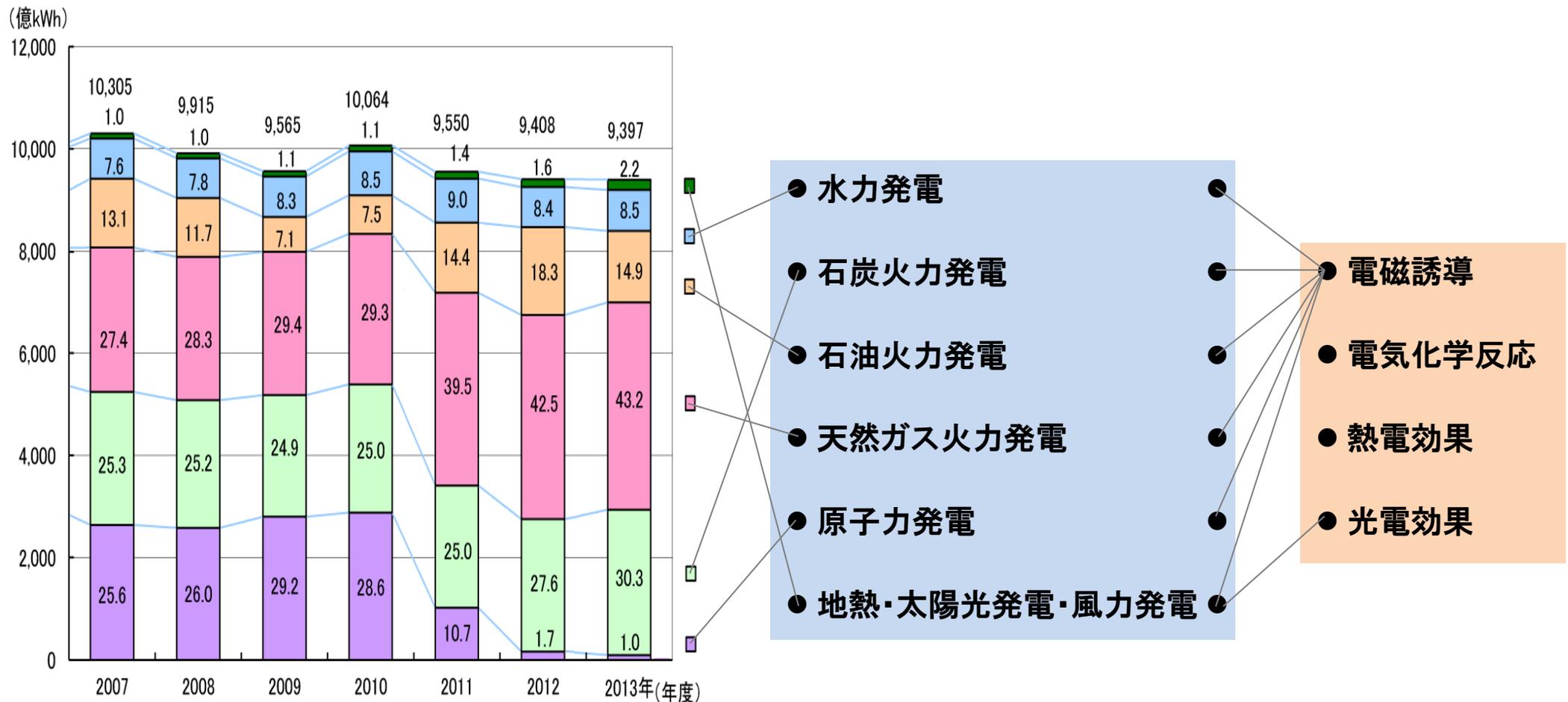
<逆方向のエネルギー変換を利用した変換装置（電気製品）をあげてみよう>

エネルギー変換	変換装置（電気製品）の例
電気→運動	電動機（モーター）、スピーカー、電子メロディ、インクジェットプリンタ
電気→光	LED、蛍光灯
電気→熱	ペルチェ冷蔵庫（音無し冷蔵庫）、電熱器（ヒーター）
電気→化学	電気めっき、液晶ディスプレイ

ワークシート2：コンセントの電気は何からつくる (わが国の電源別発電量)

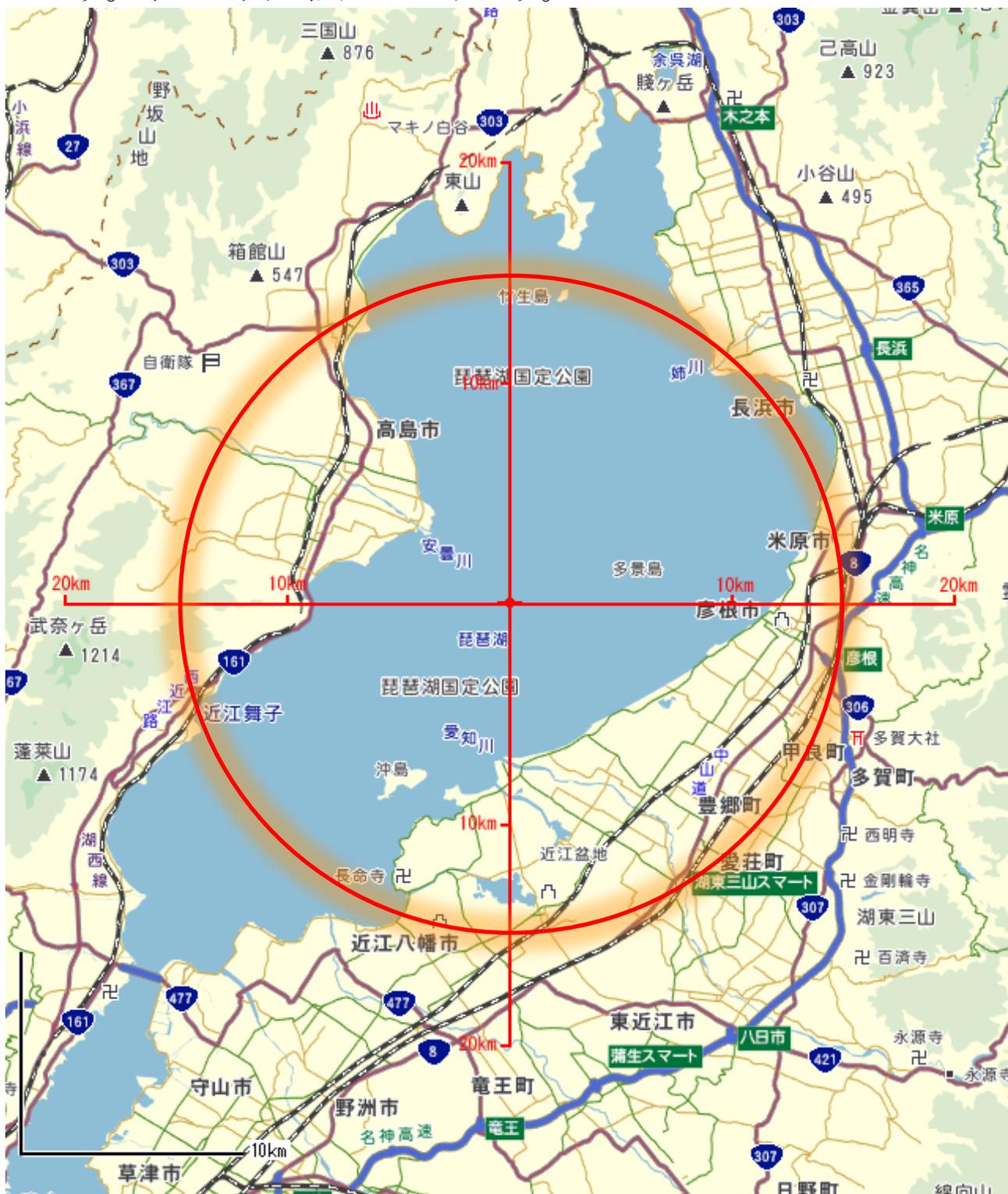
下のグラフに、わが国の発電量の年度ごとの変化（総量とエネルギー資源別割合）を示す。

- ・それぞれの色は、どのエネルギー資源による発電（電源）なのだろう。
- ・また、それぞれのエネルギー資源による発電に利用されている変換原理は何だろう。
線で結ぼう



ワークシート 3 : 原子核と原子の大きさの関係

琵琶湖の北湖の中心付近においた直径 1m の球を原子核とすると、原子の大きさを決める電子は、どこまで広がっていることになるのだろう。下の地図に記入してみよう。



一般的に原子核半径（直径）は原子の数万分の1と言われる。仮に3万分の1として、1mの球（半径0.5m）を原子核とすると、原子核の半径を3万倍した15km先を電子が回っていることになる。途中は何もない真空である。すなわち、原子の内部は「スカスカ」である。

ワークシート4：自然放射線の測定記録

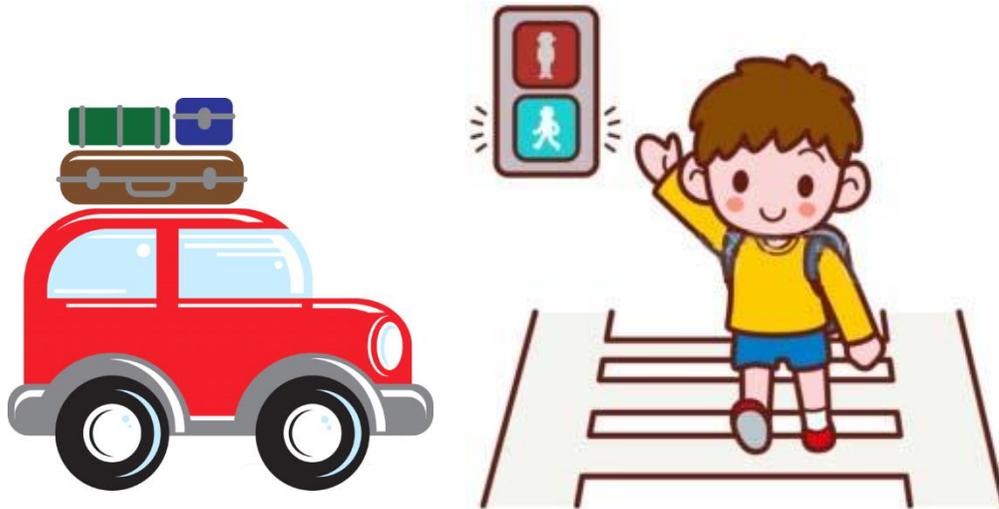
測定月日： _____ 年 _____ 月 _____ 日 ()

測定者氏名： _____ グループ： _____

測定箇所	測定箇所の状況	時刻	天候	測定値 (単位：)		年間被ばく線量 (単位：)
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		
		時 分		①	【平均値】	
				②		
				③		

ワークシート5：どちらが危険

－信号機付き横断歩道の横断－



4つのケース (①～④)

		横断前左右確認	
		有	無
信号機 の表示	青	①	②
	赤	③	④

4つのケース (①～④) について、考えてみよう

設 問	答 え	理 由
事故にあうことがないのは、どのケースだろう？	なし	
必ず事故にあうのは、どのケースだろう？	なし	
事故にあうかもしれないケースについて、事故にあいにくいものから、あいやすいものへ並べてみよう。	①→②→③→④ または ①→③→②→④	②と③の順番には、いろいろなことが影響するので状況による。 横断歩道左右の見通しはかなり影響するので見通しの悪い所には予告信号機が設置される。 天候（雨風）、時間帯（たそがれ時）、運転手（考え事や電話）や車（タイヤが摩耗）の状態、横断者の脚力（速く歩けない）や服装（見えにくい）などによって、信号機が青であっても、左右の確認をしても、事故にあう恐れはある。 事故統計をとれば（状況を分類して）、交差点ごとに、その危険性（いつ、どのような状況のときに、どんな事故が多いなど）がある程度わかる。

ワークシート6：どちらが有益（有害）？

－放射線利用、するとしないではどちらが社会にとって有益（有害）だろう－

らん
空欄には何が入るだろう

		良いこと	悪いこと
放射線の利用	する	<ul style="list-style-type: none"> ・病気の診断（レントゲンやCT スキャンなど） ・放射線治療（ガン治療など） ・非破壊検査（建物の壊れかかったところなど） ・殺菌（手術用のメスなど） <p style="text-align: right;">①</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・誤って予定以上に放射線を浴びることによる傷害 <p style="text-align: right;">②</p>
	しない	<ul style="list-style-type: none"> ・人々の活動のせいで放射線を浴びることはない <p style="text-align: right;">③</p>	<ul style="list-style-type: none"> ①が使えないことによる不都合なこと（効果・利便性・費用など） ・レントゲンやCT スキャンによる診断ができない ・薬や外科手術などによるガン治療に限られる ・放射線以外の非破壊検査に限られる（超音波など） ・放射線以外の殺菌に限られる（加熱や紫外線など） <p style="text-align: right;">④</p>

< 次のことを考えてみよう >

- ・社会全体でみて「①－②」をプラスにすることはできるか、なっているか。
- ・①をできるだけ大きくし、②をできるだけ小さくするにはどうしたらよいか。
- ・「利用しない」と本当に③のように、「人々の活動のせいで放射線を浴びることはない」のか。悪い人がいたり、兵器に利用されたりしたらどうするのか。そういうときにどう対処するかは利用していないでわかるだろうか。
- ・④に入る①の代替策にはどんなものがあるか。また、その代替策は①より優れているか。その代替策に悪い面はないか。

活用例1 原子力発電の仕組み と放射線

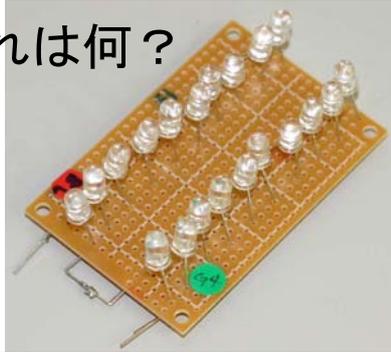
原子力発電の仕組みと放射線 学習項目と時間(予定)

番号	学習項目	時間
1	様々な発電方法	15
2	コンセントの電気に使われている発電方法	10
3	原子力発電のエネルギー源	15
4	原子力発電の仕組み	20
	— 休憩 —	10
5	放射線	40
6	科学技術とリスク	10
7	まとめと質疑	10

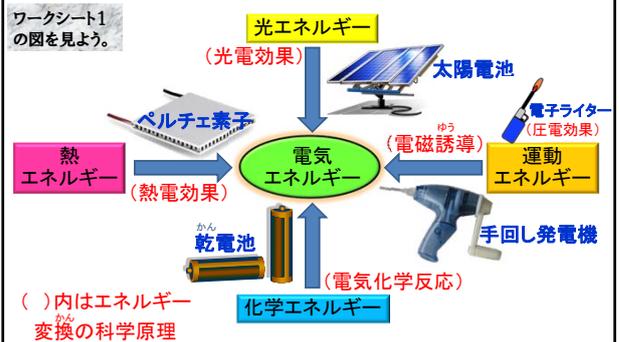
計130分間

1. 様々な発電方法

質問:これは何?



発電の原理



熱電効果による発電例



ワークシート1:
反対方向のエネルギー変換を利用した装置(電気製品)をあげてみよう。

運動→電気の発電例



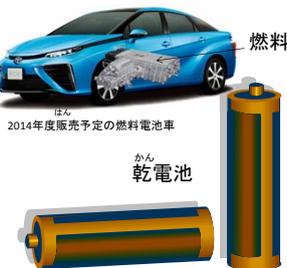
ワークシート1:
反対方向のエネルギー変換を利用した装置(電気製品)をあげてみよう。

電磁誘導を利用

1-05

化学→電気の発電例

化学エネルギー → (電気化学反応) → 電気エネルギー



燃料電池
2014年度販売予定の燃料電池車
乾電池

ワークシート1:
反対方向のエネルギー変換
を利用した装置(電気製品)
をあげてみよう。

1-06

光エネルギー → (光電効果) → 電気エネルギー



発電能力: 4,438kW
年間発電量(計画): 430万kWh
パネル: 17,752枚
面積: 52,000㎡

ワークシート1:
反対方向のエネルギー変換
を利用した装置(電気製品)
をあげてみよう。

ダイフク滋賀事業所内のメガソーラー

1-07

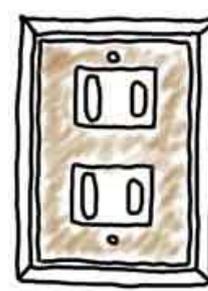
小括(ここまでのまとめ)

- 電気エネルギーは「エネルギー変換」でつくる。
=> 変換装置は、発電機や電池と呼ばれる。
- 電気エネルギーの利用もエネルギー変換。
=> 変換装置は、用途にあう名称で呼ばれる。
<例えば>
テレビ、パソコン、ゲーム機、スマホ、デジカメ、蛍光灯
冷蔵庫、炊飯器、掃除機、エレベータ、電気自動車
など
- 電気製品は身の回りにあふれている。
- エネルギー変換が私たちの生活、産業、
現代社会を支えている。

メモ用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書こう。
分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

2-01

2. コンセントの電気に使われている発電方法



質問: この絵はあってる?

- 電気の出口「コンセント」(和製英語)のつもり。
- 英語ではアウトレット(Outlet)と呼ばれる。
- プラグの差込口のこと。プラグも英語ではソケット(Socket)と呼ばれることが多い。
- 口数が増えても合計15アンペアまでが使用限度。

ちなみに何ボルト?

2-02



日本のコンセント形状

200V と 100V
どうして形が違っていている?

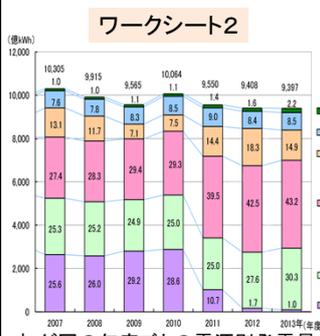


外国では形状が異なる
(ドイツの例)

2-03

コンセントの電気は何からつくられているか?

ワークシート2



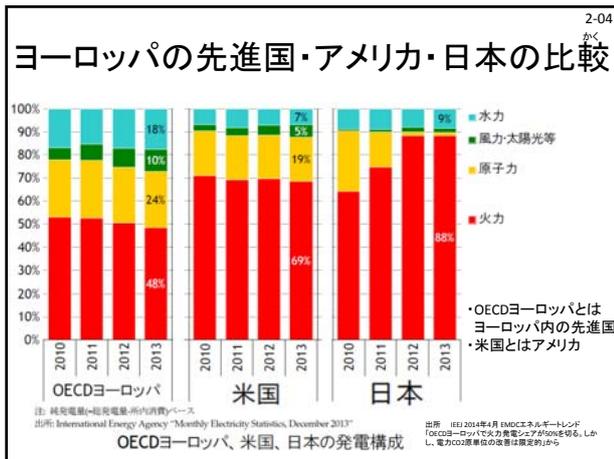
それぞれの色は、どのエネルギー資源による発電(電源)なのだろう?

- 水力発電
- 石炭火力発電
- 石油火力発電
- 天然ガス火力発電
- 原子力発電
- 地熱・太陽光発電・風力発電

それぞれの発電に利用されているエネルギー変換の科学原理は?

- 電磁誘導
- 電気化学反応
- 熱電効果
- 光電効果

わが国の年度ごとの電源別発電量



2-05
小括(ここまでのまとめ)

- ▶ 日本は火力発電が多い、原子力発電が止まって天然ガスと石油火力が増加、石炭火力も増えてきた。
=> 石炭・天然ガス・石油(化石燃料)は海外から輸入
- ▶ 発電の原理は電磁誘導がほとんど(回して発電)。
=> 太陽光発電が少しずつ増えているがまだ少ない。

▶ 今後、どのように電力を確保していくかは、大きな国民的課題だ。

メモ用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書こう。分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

3-01
3. 原子力発電のエネルギー源

【物質の構造】

水滴 物質: 分子の集合

水素原子 分子: 原子が結合

酸素原子

原子核 原子: +の電荷の原子核の周囲に -の電荷の電子

陽子 原子核: +の電荷の陽子と電荷のない中性子の塊

中性子

ワークシート3: 原子核と原子の大きさの関係を、確認しよう。

3-02
原子の表し方

	水素	鉄	ウラン	説明
元素記号	H	Fe	U	元素とは「同種の原子(原子番号が同じ原子)」を包括(ほうくわつ)する呼び名。
原子番号	1	26	92	原子核の中にある陽子の個数。電気的に中性な原子では電子の数も等しくなる。
質量数	1, 2, 3	56, 57, など	235, 238, など	原子核の中の陽子と中性子の数の和。陽子の数が同じで中性子が異なる(結果的に質量数が異なる)ものを同位体と呼ぶ。
同位体の表示	^1_1H ^2_1D ^3_1T	$^{56}_{26}\text{Fe}$ $^{57}_{26}\text{Fe}$	$^{92}_{92}\text{U}$ $^{235}_{92}\text{U}$ $^{238}_{92}\text{U}$	原子番号 元素記号 質量数

原子核(陽子1個、中性子0個) 原子核(陽子26個、中性子30個) 原子核(陽子92個、中性子143個)

3-03
力とエネルギー

物質: 分子の集合

水滴 重力(引力)で集合

水素原子 水分子 電磁力で結合

酸素原子

原子核(+の電荷) 電磁力で結合

電子(-の電荷)

陽子(+の電荷) 核力で結合

中性子(電荷なし)

日常の世界

- 質量保存の法則
- エネルギー保存の法則

物が燃えて熱エネルギーが発生しても、現象前後で全体の質量は変わらない。

ミクロの世界

質量とエネルギーが等価 (質量が減る現象が起こるとエネルギーが発生)

3-04
原子力発電のエネルギーの源

ウラン原子の核分裂 (原子炉内での現象)

中性子 U-235 Kr-92 Ba-141 中性子 膨大なエネルギー ガンマ線(放射線)

- 核分裂の前後で質量が減り、それが莫大なエネルギーになる。
- 核分裂に伴って、2~3個の中性子も原子核から放出され、次の核分裂を引き起こす(連鎖反応)。

小括(ここまでのまとめ)

3-05

- 原子力発電のエネルギー源はウラン原子の核分裂。
- 核分裂反応では、化石燃料の燃焼(化学反応)に比べて桁違いのエネルギーが発生する。

- くっついたり(化学反応)、離れたり(核分裂反応)したら、エネルギーが出る。
- 発生エネルギーが大きいということは、それだけ取扱いにも注意を要するという事。



メモ用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書く。
分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

4. 原子力発電の仕組み

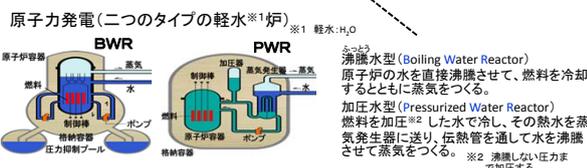
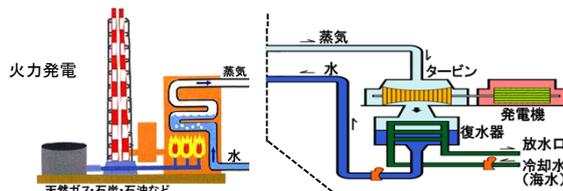
4-01

火力発電実験装置



火力発電と原子力発電

4-02



PWR発電模型

4-03

原子力発電模型(近畿大学での手作りです)



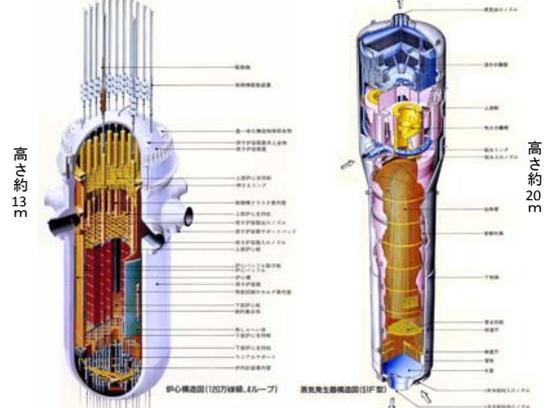
実際の発電所

4-04



原子炉容器 蒸気発生器

4-05



4-06

燃料集合体、制御棒

燃料棒
制御棒
高さ約4m

使用した燃料は、核分裂停止後も、核分裂生成物(U-235が分裂してできたもの)から放射線が発生し、発熱が続く。

このため、原子力発電の安全確保の基本は、
「止めて」「冷やして」「閉じ込める」

●燃料集合体
ウランの粉末を堅く焼き固めたものをペレットといいます。このペレットを合金製のサヤに詰めたものを燃料棒といい、これを束ねたものが燃料集合体です。

4-07

タービン発電設備

蒸気タービン
発電機

4-08

小括(ここまでのまとめ)

原子力発電の仕組み: ①核分裂反応で発生した熱で蒸気をつくる => ②蒸気でタービンを回す => ③タービンにつながった発電機が回って発電。

②以降は火力発電と同じ仕組み。
安全確保の基本は、「止めて」「冷やして」「閉じ込める」

火力発電と原子力発電は兄弟か。
原子力発電だけは停止後も残留熱があるので、冷却を続ける必要がある。

水力・地熱・風力も

メモ用紙に、 気付いたことや納得したことを書こう。分からないことや「もやっ」としていること は質問しよう。

5-01

5. 放射線

簡易分光器で周りを見てみよう

「見えない」は「何もない」だろうか？

見えないところ 光が見えるところ 見えないところ

波長
1nm=1,000μm=1,000,000mm=1,000,000,000m
ナノメートル マイクロメートル ミリメートル メートル

スリットを通った光を観察する。
スリットの方向の約30度下を見る

このとき、太陽などの強い光を出しているものを直接見ないように注意しましょう。

5-02

見えない放射線を測ってみよう

測定開始

- POWERスイッチを押す。35秒間のカウントダウンが始まる。
- 35秒後から測定値が表示される。
- 表示値が落ち着いたら、10秒間おきの値を3回読み、平均値を計算する。

測定終了

- POWERスイッチを押す。

空間の放射線を測るときは、高さ1mのところを測る。

60秒の積算値の平均(移動平均)を10秒毎に表示

検出器のあるところ

お押しと放射線検知時に音が出る。

5-03

放射線の単位

Sv(シーベルト)とSv/h

(シーベルトパーアワー)

Sv: 人が受ける被ばく線量の単位
Sv/h: 放射線の強さを1時間当たりの被ばく線量として表した単位

速度・距離の単位 Sv => km
と比較すると、 Sv/h => km/h

速度: 48km/h(1時間当たりの速さ)

走行距離: 23km(ここまで走った距離)

5-04

測定体験へ

こんなところを測ってみよう

- 空間線量: 広場、岸辺、橋上、トンネル内など。
地面や床面から1m高さのところで測る。なお、比較のため、1か所程度、地面の表面線量も測っておこう。
- 表面線量: 岩石(花崗岩)、建造物など。
対象物の表面で測る。なお、数値が高いものは少し離れたところの(例えば1m程度離れて)空間線量も測っておこう。

ワークシート4:
「自然放射線の測定記録」に記入しよう。

広場での空間線量を基準にして、それより高いところ(物)、低いところ(物)に分類して、理由を考えてみよう。

5-05

測定値の確認

5-06

年間の被ばく線量への換算

測定値 = X [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]①

1年間の時間数 = $365\text{日}/\text{年} \times 24\text{時間}/\text{日} = 8760\text{時間}/\text{年}$
よって、1年間の被ばく線量は、①式を8760倍する。

年間の被ばく線量 = $8760 \times X$ [μSv]②

数値が大きくなるので、補助単位を μ (百万分の1)から、 m (千分の1)に変更する(②式を千分の1にする)。

年間の被ばく線量 = $8760 \times X \div 1000$ [mSv]
= $8.76 \times X$ [mSv]③

$X = 0.07[\mu\text{Sv}/\text{h}]$ であれば、

年間の被ばく線量 = $8.76 \times 0.07 = 0.6132$ [mSv]
 ≈ 0.61 [mSv]



5-08

自然放射線はどこから

0.48mSv/年 空気から

地球にある放射性物質と宇宙線による

ラドン(Rn-220, 222)が崩壊

空から 0.3mSv/年

太陽や太陽系外からの宇宙線

0.99mSv/年 食べ物から

カリウム(K-40)が崩壊
炭素(C-14)が崩壊
ポロニウム(Po-210)

自然放射線による日本人の年間被ばく線量

2.1mSv/年

地面から 0.33mSv/年

ウラン(U-238)が崩壊
トリウム(Th-232)が崩壊
カリウム(K-40)

5-09

身体への放射線の経路

内部被曝

呼吸による吸入
飲食物からの摂取
傷からの吸収

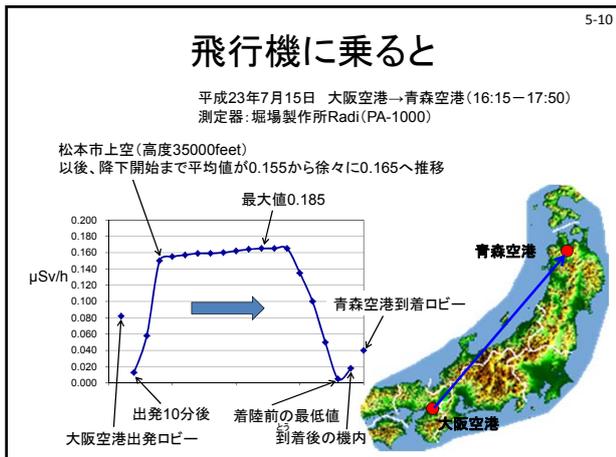
放射線源が体内にある

外部被曝

宇宙や太陽からの放射線
建物から
医療から
地面から

放射線源が体外にある

(出典) 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24年度版 ver.2012001
「中学生・高校生のための放射線副読本～放射線について考えよう～」から



5-10

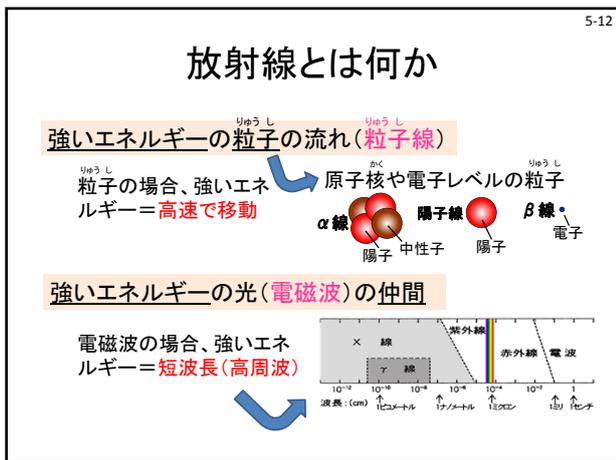
放射線に関する質問

質問1. 体の外から放射線を受けても、体に放射線が残る。放射線を受けた人に近づくと放射線がうつる。

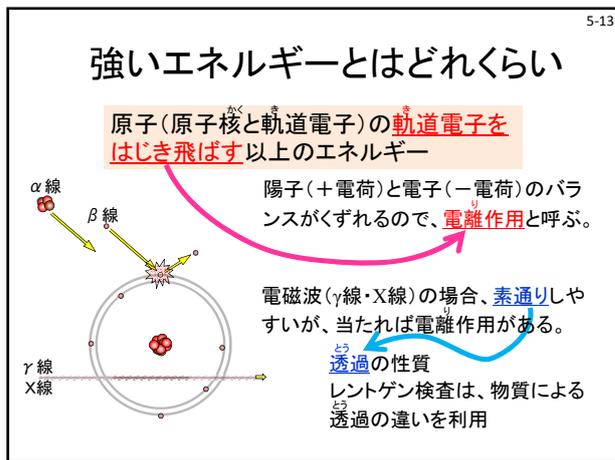
質問2. 自然界からの放射線は無害だが、人工の放射線は危険。自然界からの放射線と人工の放射線では性質が違う。

質問3. 放射線の強さは時間がたっても変わらない。呼吸や食事で体の中にとり込んだ放射性物質はいつまでも体内に残る。

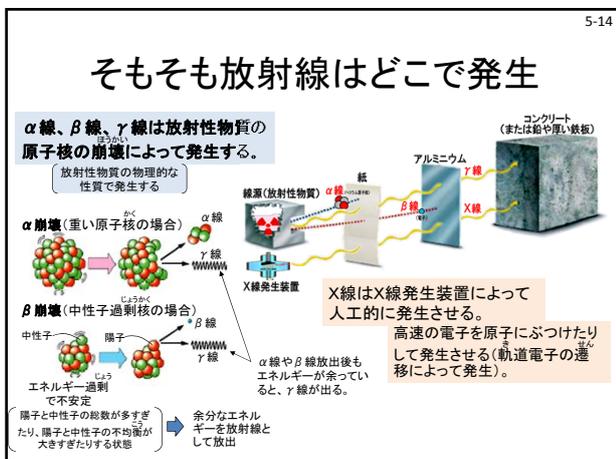
5-11



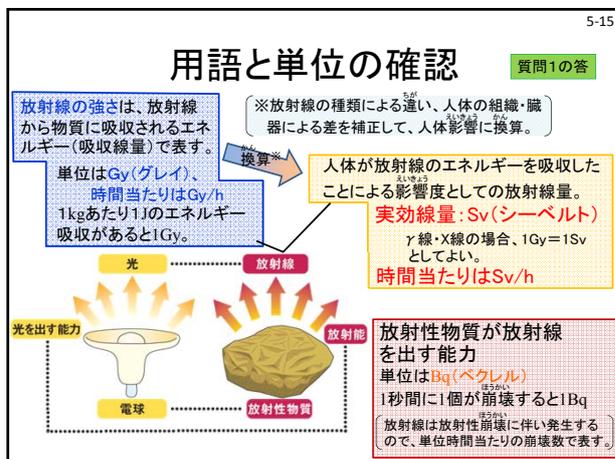
5-12



5-13



5-14



5-15

放射線の人体への影響

5-16

我々は日常的に自然放射線を受けている 質問2の答え

- 自然放射線と言っても、細胞を損傷させるのに十分なエネルギーがあり、日常的に細胞は傷つけられている
- しかし、損傷が多くないうちは生体もつ回復能力で元に戻り、特別な障害は出ない。

放射線の量 (ミリグレイ)

7,000	放射線による急性放射線症候群
1,000	放射線による急性放射線症候群
500	放射線による急性放射線症候群
100	放射線による急性放射線症候群
10	放射線による急性放射線症候群
1	放射線による急性放射線症候群
0.1	放射線による急性放射線症候群

大量に被ばくした場合 (注) 括弧内はしきい値 (単位: ミリグレイ)

【影響の現れ方は2種類】

- ある値 (しきい値) 以上で必ず影響が出る
=> 白内障 (5000)、一時的脱毛 (3000~5000) など
- 被ばく量に応じて発生確率が増加する
=> がん、白血病など

> 100mSv以下 (低線量被ばく)

健康への影響は確認されていない
=> 広島・長崎での被爆者の疫学調査などが元になっている。

確率的影響について

5-17

仮に1,000人が100mSv※の線量を受けたとすると、生涯で、がんで亡くなる人が、300人から、305人に増加する可能性がある
※自然放射線は含めない。

放射線は様々ながん要因の一つ

低線量被ばくの影響に対しては様々な見解があるので、放射線管理上は、100mSv以下も同じ割合で影響があるとして、管理することになっている。

出典: 独立行政法人放射線医学総合研究所ホームページから

放射線はいつまで出る?

5-18

放射性物質には物質固有の半減期がある。 質問3の答え

半減期ごとに放射性物質が半分になる期間 (物質で決まっている)。

半分は別の物質に崩壊元の放射性物質は半分に

- 1半減期で1/2
- 2半減期で1/4
- ...
- 5半減期で1/32
- ...

ヨウ素131	8日
セシウム137	30年
プルトニウム239	2.4万年
カリウム40	13億年
ウラン238	45億年

また、体は排泄などで物質を体外に出す。半減期が排泄される期間を「生物学的半減期」と呼ぶ (=>セシウム137で成人で70~100日)

無駄な被ばくをさけるには

5-19

外部被ばく
自然放射線の測定体験から考えてみよう。 ?

内部被ばく
体内に入らないようにするにはどうしたらよいか考えてみよう。

放射線の利用

5-20

放射線の特性 (電離作用と透過) を様々な分野で利用

「明」

- (1) 医療分野
 - レントゲン撮影やX線CT
 - 医療用器具の滅菌
 - 放射線治療
- (2) 農業分野
 - 食品照射
 - 放射線育種
- (3) 工業分野
 - ラジアルタイヤ
 - 非破壊検査

品種改良によって今までなかった色や形の花をつくる (放射線育種)

発芽を防ぎ保存性を高める

ゴムの分子同士を橋かけて強度を増す

X線荷物検査

「暗」

ガンや放射線障害の原因

陽子線治療施設 (財団法人放射線エネルギー研究センターにて撮影)

がん細胞を狙いうちできる割合が高まる

その他、半減期が物質によって決まっていることを利用して年代を測定したり、放射線を目印 (トレーサー) として利用したりするなどの用途にも使われている。

小括 (ここまでのまとめ)

5-21

- 身の回りには自然放射線がある。生物は自然放射線とともに地球上で生存・進化してきた。
- 放射線には物資を透過する性質、一方で物質の軌道電子をはじき飛ばす (電離作用)。この特性が様々な分野で利用されている。電離作用: 滅菌・殺菌、透過: レントゲン撮影。
- 放射線の人体への影響は被ばく線量と関係。正確な知識のもとに対処することが大切。

見えないけど身の回りにいつもあるということは、ある意味、空気みたいな存在。

※玉用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書こう。分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

6. 科学技術とリスク

<質問>

放射線に関連する発見・発明・研究でのノーベル賞受賞者は、これまでに20人以上である。

正 or 誤 ?

リスクとは

元々は **チャレンジの裏側にあるもの**

リスク(危険度) = 危害の発生する確率 × 危害の**ひどさ**

リスクの特徴

例えば: 飛行時間あたりの死亡事故件数

死亡事故

- ゼロにはできない
=>絶対寝坊しない方法は?
- 直観・思い込みは外れる(リスク認知のずれ)
=>人間の死亡原因となっている動物は?
- あるリスクを減らすと、別のリスクが増える(トレードオフ)
=>米国同時多発事故(9.11)で増えたものは?

リスクについて自分で考えてみよう

ワークシート5「どちらが危険—信号機付き横断歩道の横断—」から、リスクの特徴を再確認してみよう。

余裕のある人は、家に帰ったあと、ワークシート6「どちらが有益(有害)?—放射線利用、するしないではどちらが社会にとって有益(有害)だろう—」もやってみよう。

「放射線利用」が難しい場合は、身近なものに置き換えて考えてみよう(例えば、「車の利用」「スマホや携帯電話の利用」など)

小括(ここまでのまとめ)

- > 何事にもリスクがあり、ゼロにすることはできない。
- > チャレンジの裏側にリスク(リターンとリスク)。
- > 一方のリスクを減らそうとすると、それに伴って別のリスクが増えることがある。バランスが大切。

- > 目覚まし時計より、お母さんに頼んだ方が確実? でもお母さんも寝坊したことがあった。



メモ用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書こう。
分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

7. まとめ

本日の学習

- 原子力発電の仕組み
- 放射線

全体を通して質問は?

メモ用紙に、😊 気付いたことや納得したことを書こう。
分からないことや「もやっ」としていること 😊 は質問しよう。

おわり

原子核と原子の大きさの関係

3-01a

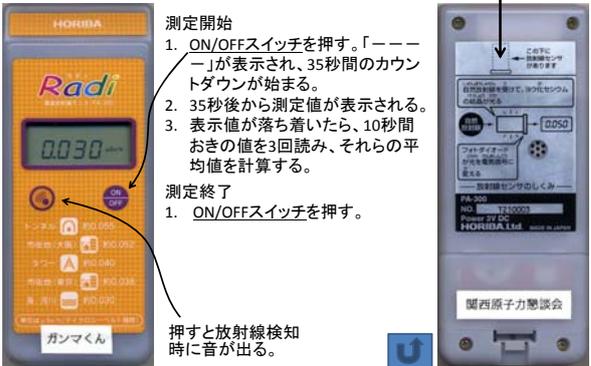


- 原子核は原子の数万分の1と言われる。
- 1mの球を原子核とすると、原子の半径は3万倍の15kmとなる。
- 途中は何もない真空である。
- すなわち、原子の内部は「スカスカ」である。

Radi ガンマくん

5-02a

検出器のあるところ



測定開始

- ON/OFFスイッチを押す。「ローラー」が表示され、35秒間のカウントダウンが始まる。
- 35秒後から測定値が表示される。
- 表示値が落ち着いたら、10秒間おきの値を3回読み、それらの平均値を計算する。

測定終了

- ON/OFFスイッチを押す。

押すと放射線検知時に音が出る。

無駄な被ばくをさけるには

5-19a

外部被ばく

- 距離: 岩石から少し離れるだけで線量は下がった。
- 時間: 用もないのに線量の高いところにいない。
- しゃへい: 岸边では線量は下がった(水が遮へい)。

内部被ばく

- 空気を直接吸入しない → マスクやハンカチ、室内では窓やドアを閉め換気扇など停止
- 身体に直接付着するのを防ぐ → 長袖・長ズボンや帽子による付着防止と傷などの防止、付着したら着替える・洗い流す
- 汚染物を食べたり飲んだりしない → 汚染していないことが確認された飲食物をとる

○: X線を発見したレントゲンが第1回ノーベル物理学賞を受賞したように、放射線に関連する発見・発明・研究でのノーベル賞受賞者は多い。

6-01a

1901 W.C.レントゲン: 物理学賞 (X線の発見)

1903 A.H.ベクレル: 物理学賞 (放射線の発見)

1903 P.キュリー, M.キュリー: 物理学賞 (放射能の研究)

1908 E.ラザフォード: 化学賞 (元素の崩壊及び放射性物質の化学に関する研究)

1914 M.T.ラウエ: 物理学賞 (結晶によるX線の回折の発見)

1915 W.H.ブラッグ, W.L.ブラッグ: 物理学賞 (X線を用いた結晶構造の研究)

1921 F.ソディ: 化学賞 (放射性物質の研究、同位体の起源と性質の研究)

1922 N.H.D.ボア: 物理学賞 (原子の構造と原子からの放射に関する研究)

1927 C.T.R.ウィルソン: 物理学賞 (ウィルソン霧箱の発明及び気体電離の研究)

1927 A.H.コンプトン: 物理学賞 (コンプトン効果の発見)

1935 J.チャドウィック: 物理学賞 (中性子の発見)

1935 I.ジョリオ・キュリー, F.ジョリオ・キュリー: 化学賞 (新種の放射性同位元素の作出)

1936 C.D.アンダーソン: 物理学賞 (陽電子の発見、宇宙線の研究)

1936 V.F.ヘス: 物理学賞 (宇宙線の発見と研究)

1936 P.J.W.デバイ: 化学賞 (X線回折による分子構造の研究)

1938 E.フェルミ: 物理学賞 (中性子照射による放射性元素の研究、熱中性子による原子核反応の発見)

1939 E.O.ローレンス: 物理学賞 (サイクロトロン発明と改良、それによる人工放射性元素の研究)

1943 G.D.ヘヴンシ: 化学賞 (化学反応の研究における標準としての同位体の使用)

1944 O.ハーン: 化学賞 (原子核分裂の発見)

1946 H.J.マター: 生理学・医学賞 (X線照射による人工突然変異の発見)

1948 P.M.S.ブラケット: 物理学賞 (ウィルソン霧箱の改良、それを用いて核物理学・宇宙線物理学における発見)

1951 E.M.マクスラン, G.T.シーボーク (フルトニウムなどの超ウラン元素の発見)

1958 P.A.チレンコフ, I.M.ラウク, E.タム: 物理学賞 (チレンコフ効果の発見と解釈)

1960 W.F.リビー: 化学賞 (放射性炭素による年代測定法)

1964 D.C.ホジキン: 化学賞 (X線回折による生体物質の分子構造の解明)

1967 H.A.ベーテ: 物理学賞 (太陽内の核融合反応の解明)

1977 R.S.ヤロー: 生理学・医学賞 (ラジオイムノアッセイの開発)

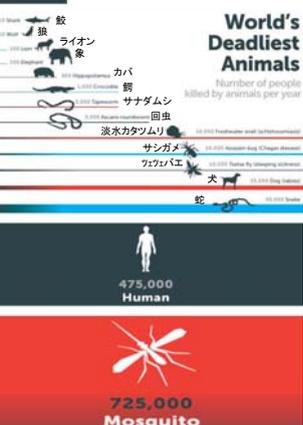
1979 A.M.コーマック, G.N.ハUNSフィールド: 生理学・医学賞 (コンピュータを用いたX線断層撮影法の開発)

1994 C.G.シヤル, B.N.ブロックハース: 物理学賞 (中性子回折法の開発)

出典: 原子力百科事典ATOMICAから主観的に抽出

World's Deadliest Animals

Number of people killed by animals per year



動物	年間死亡者数
蚊 (Mosquito)	725,000
ライオン (Lion)	~100,000
カバ (Hippopotamus)	~100,000
サナダムシ (Snake)	~100,000
回虫 (Parasite)	~100,000
淡水カタツムリ (Freshwater snail)	~100,000
サシガメ (Scorpion)	~100,000
ワコバエ (Wasp)	~100,000
犬 (Dog)	~100,000
蛇 (Snake)	~100,000
Human	475,000

世界で最も危険な動物 (動物による年間死亡者数)

gatesnotes.com (2014.4.25)

自然放射線の事前測定例

測定日時: H26.7.14 15:05-16:10

天候: 曇り、朝方までの雨で草地は若干濡れていたが路面はほぼ乾いていた。

使用単位: $\mu\text{Sv/h}$

読み: マイクロシーベルトパーアワー
意味: 1時間いると1マイクロシーベルト被ばくする値
マイクロとは1,000,000分の1のこと

芝生上での空間線量率



学校の2種類の石垣



寺の灯籠



二つの石碑



道の下のトンネル内空間線量率



池沿いの道での空間線量率



田んぼの空間線量率



近くの海岸での空間線量率

