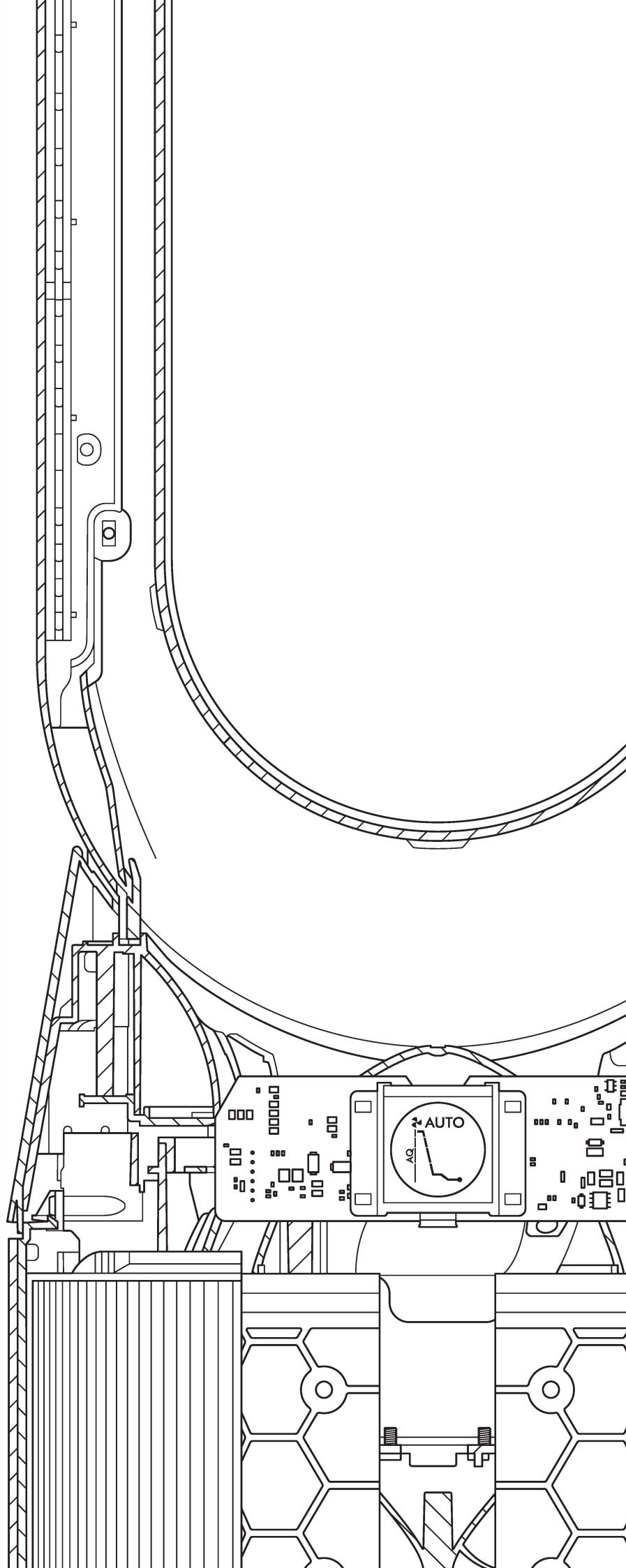


ティーチャー⁺ ガイド

中学校・高等学校向け
エンジニアリングソリューション：
空気汚染



教員の皆様へ

この教師向け資料は生徒の皆さんにエンジニアリングとは何かを紹介し、実際にエンジニアたちが世界の課題をどう解決しているのか探ることを目的としています。ここでは空気汚染問題を取り上げます。5回の授業を通じて、空気汚染について学び、室内の空気の汚れを解決するためにDyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンの技術がどのように機能するかを学びます。実験やデータ分析を行うほか、デザイン(設計)プロセスに従って自分たちで空気汚染に対する解決策を設計し、組み立てます。この教材は中学生・高等学校向け科学および設計・技術カリキュラムを補足するものです。

本書に示した授業計画に従って進めることによって、
生徒たちは

空気汚染とその世界各地の発生源を学びます。

自分たちがさらされている身の回りの空気汚染について考えます。

空気汚染に関するデータを収集し、分析します。

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンについて学びます。

空気汚染問題を解決するために世界のエンジニアが編み出した方法を検討します。

空気汚染問題の解決策を自分たちで考え、発表し、評価します。

各授業の所要時間は1時間30分ですが、スケジュールに合わせて調節していただいてかまいません。例えば、導入部分、またはまとめのアクティビティを省略すると1時間に短縮できます。また、時間が限られている場合はセクションごとに分けて教えることも可能です。

この教材には授業計画、ワークシート、ポスター、動画が含まれています。また、授業と空気汚染の科学やダイソンのテクノロジーとのつながりをまとめた教師向け解説も用意しています。授業を始める前にご自身で情報を十分理解してください。

動画とポスターは公式ウェブサイトに掲載されています。

<https://www.jamesdysonfoundation.jp>

目次

セクション 01: 検知する	06
空気汚染を知る	07
ケーススタディ : Breathe London Wearables Study (ブリーズロンドン・ウェアラブルセンサー調査)	13
授業 01: 空気汚染とその発生源	15
授業 02A: 空気質のモニタリング	19
授業 02B: 空気質モニタリング装置をつくる	22
セクション 02: 除去する	26
製品を知る : Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファン	27
授業 03 : 空気の汚れを取り除く	32
セクション 03: 解決する	35
エンジニアリングによる空気汚染問題の解決	36
授業 04 : 空気汚染問題の解決策を設計する	40
授業 05 : 空気汚染問題の解決策をつくる	42
ワークシート	44
ワークシート 01: 空気汚染物質とその発生源	44
ワークシート 02: 学校敷地内の空気質	45
ワークシート 03: 空気質モニタリング装置をつくる	48
ワークシート 04 : データ収集	49
ワークシート 05 : データ分析	50
ワークシート 06 : フィルターの設計	53
ワークシート 07 : 活性炭を使った実験	56
サポートシート	58
授業 01: サポートシート	59
授業 02B: サポートシート	61
授業 03: サポートシート	63

印刷する前の注意

授業計画とワークシートは別々のページに

記載しております(上記の通り)。

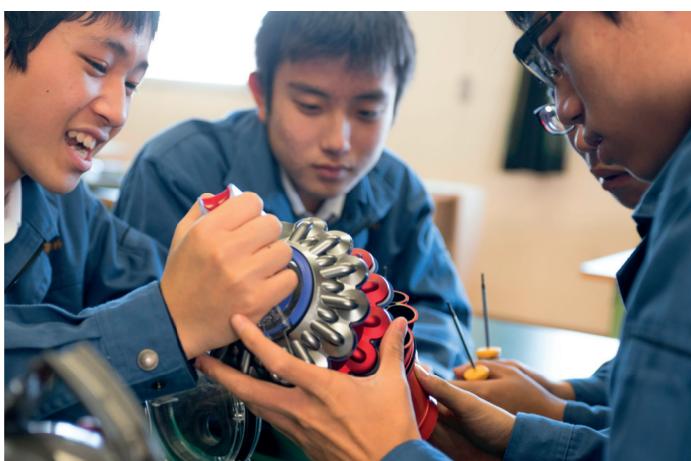
そのため、本書のすべてを印刷する必要はありません。

ジェームズ ダイソン財団は2002年にダイソン創業者である
ジェームズ ダイソンによって設立された教育慈善団体です。教材の提供や
ワークショップ、国際エンジニアリングアワードの開催を通じて、未来の
エンジニアに刺激やひらめきを与えることが財団の目的です。

「若いエンジニアたちには世界的に大きな課題を解決するための情熱や認識、
知性があります。私は未来のエンジニアたちに実践的な学習や実験の
機会を与え、教室で学ぶ理論と教室の外の世界にある重要で興味深い
エンジニアリングの課題と解決策とを結び付ける手助けをするために
ジェームズ ダイソン財団を設立しました」

James Dyson





セクション 01: 検知する

空気汚染とは何か、
その原因は何かを学びます。
センサーを使って空気質を
測定できることを理解し、
学校内や通学時に空気汚染に
できるだけさらされない
ための対策を考えます。

空気汚染を知る

空気汚染

空気汚染は、さまざまな自然や人的発生源から生じた粒子状物質やガスが空気中に蓄積することによって発生します。現代における世界的な大問題のひとつであり、空気質が世界保健機関(WHO)のガイドラインで定められた上限を超える場所で暮らす人は世界全体の91%に上ります。

ガスによる汚染

私たちを取り囲む空気の大部分はガスでできています。空気の78%が窒素、21%が酸素、残りはアルゴンと二酸化炭素、わずかな量のその他のガスです。呼吸とともにこのすべてが私たちの肺に入ります。私たちが生きるために酸素は不可欠ですが、その他の汚染ガスが人体に害を与えることもあります。

粒子状物質による汚染

空気には粒子も含まれ、私たちは毎日数百万もの粒子を吸い込んでいます。粒子は微細な物質です。1メートルの100万分の1にあたるミクロン(μm)という単位で測定します。大きさ、形、組成はそれぞれ異なります。粒子状物質(PM)は空気汚染のひとつの形態です。固体・液体粒子が混ざり合ったもので、空気中を浮遊しています。



通学中の空気汚染
ナイジェリア

空気汚染の原因： 自然発生源

気象

気温、雨、風。このどれもが空気汚染に関係しています。例えば、雨が降ったり、風が吹いている場合は、その場所の空気汚染は抑えられます。汚染物質が空気中から洗い流されたり、別の場所に運ばれたりするからです。反対に乾燥した静穏状態では空気の流れが滞り、空気汚染が閉じ込められることがあります。つまり、山間の町などの内陸地では空気汚染が悪化しやすくなります。

砂漠の砂嵐

砂漠の砂じんはサハラ砂漠、オーストラリア東部、ゴビ砂漠など世界中の乾燥地域または半乾燥地域の地表からやってきます。強風によって「ちり」の粒子が地表から空気中に舞い上がり、砂嵐となります。砂じんが風に乗って数千キロメートル遠方へと運ばれ、人的な空気汚染と組み合わさることもあります。つまり砂漠の砂じんが砂漠から遠く離れた別の国や地域の空気汚染の原因になっていることもあります。

火山

火山の噴火によって火山灰が空気中に放出されます。風が火山灰を火山から数千キロメートルも離れたところに運ぶこともあります。例えば、2010年にアイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山が噴火しました。火山灰のおよそ半分は欧州や北大西洋全域に運ばれ、これらの地域では噴火から数日間にわたって航空網がまひ状態に陥りました。

森林火災

森林火災は世界中で発生し、相当な件数の煙害を引き起こしています。世界の気温や降雨量の変化によって森林火災の規模や深刻度は悪化の一途をたどり、その結果、火災が起きやすいシーズンが長くなり、被災面積も広がっています。森林火災による煙には、木、枯れ葉、ゴミ、そして場合によっては地元の住宅などが燃えることによって発生する二酸化窒素(NO_2)、一酸化炭素(CO)、オゾン(O_3)、揮発性有機化合物(VOC)や複数の粒子状物質(PM)が含まれています。森林火災はカリフォルニア州でよく発生し、乾燥した気候のため、落雷などの自然現象やキャンプファイヤーなどの人的原因によって火災が発生しやすくなります。風も森林火災による煙を遠くまで運び、都市や街で空気汚染を発生させます。





空気汚染の原因： 人的発生源



輸送機関

都市での空気汚染の主な原因のひとつは道路輸送です。モーター車（原動機付き輸送機関）の排ガスから有害なガスと有害物質で包まれた粒子が空気中に放出されます。ディーゼル車はこうした汚染物質を高濃度で発生させるため特に有害です。空気汚染はブレーキやタイヤから落ちる金属やゴムの粉じん、さらには路面から舞い上がった「ちり」や「ホコリ」によっても発生し、車両の往来によって空気中に漂い続けます。

発電

私たちが家庭で使用する電力の多くは石炭、石油、ガス、木を燃やす発電所から供給されています。こうした発電プロセスによって有害な量のガス汚染物質が大気中に放出されます。

工業プロセス

セメント、鉄、鉄鋼、ガラス、紙の製造をはじめとする工業プロセスも空気汚染の原因となります。工場などが密集した工業地帯では空気汚染濃度が高まります。

都市化

都市部、特に大都市圏では人口、輸送機関、産業の密集によって多くの農村部よりも空気汚染の度合いが高い傾向があります。例えば上海、デリーなどの巨大都市は深刻な空気汚染問題に直面しています。汚染物質はこうした人口密集地域に蓄積し、都市の上空に茶色いもやが現れることがあります。農村部は密度が低く、風が通る傾向があるため、空気汚染物質が消散しやすくなり、空気質が保たれます。

室内

研究によって室内の空気が屋外の空気よりも汚れている場合があることがわかっています。^{*2}一部の建材、洗剤、家具、ペット、ハウスダスト、芳香剤のスプレーなどの家庭用品から空気汚染物質が放出されています。暖房や調理などによっても汚染物質は発生します。外気に含まれる汚染物質が換気装置や出入り口、窓から屋内に入り、そのまま中で滞留することもあります。



発電



工業プロセス



排ガス



都市化



無機肥料の散布



ロウソクの燃焼



調理中の蒸気



洗剤スプレー

空気汚染の影響と空気汚染問題の解決が難しい理由

健康

空気汚染は私たちの健康にさまざまな影響を与えます。例えば鼻、目、喉の炎症、せき、胸部の圧迫感、息切れ、肺機能の低下、喘息の発作などが挙げられます。他の人よりも空気汚染の影響を受ける危険性が高い人もいます。

環境

空気汚染は環境にも悪影響があります。例えば酸性雨、土壌の喪失、森林や作物へのダメージ、視界の低下、建物へのダメージ、気候変動などが挙げられます。

空気汚染問題の解決が難しいのにはいくつかの理由があります。

ひとつには空気汚染の大部分が裸眼では見えない微粒子で構成され、この問題が目に見えにくいこと。

そして、化石燃料を用いた自動車の運転や室内での暖房など、私たちの現在のライフスタイルが空気汚染を助長する行為に依存していること。

さらには空気汚染は数多くの原因を伴う複雑な世界的問題であること。規模も深刻度も世界の国や地域によって異なります。

しかしながら、エンジニアにはこの問題に立ち向かう技術と知識があります。



ケーススタディ： **Breathe London Wearables Study** (ブリーズロンドン・ウェアラブルセンサー調査)

ダイソンは2009年から空気質感知技術を使った製品を開発しています。この装置は空気質のレベルを測定し、データ化することによって見えない空気の汚れを可視化します。ダイソンのエンジニアはこの技術知識を活かしてウェアラブル型の空気質センサーを開発しました。「Breathe London Wearables Study(ブリーズロンドン・ウェアラブルセンサー調査)」ではこのセンサーを使い、子どもたちが登下校中に接している空気の質をモニタリングしました。ロンドン市内の5つの小学校、計250人の児童が参加し、全員がウェアラブルセンサーとGPSを取り付けたバックパックを背負いました。センサーによって登下校中の子どもたちがさらされる粒子状物質(PM)と二酸化窒素(NO₂)の量を一週間にわたって計測し、センサーによって集めた情報をアルゴリズムで処理しました。このデータに基づき、キングスカレッジロンドンの研究者らが空気質が良い場所、悪い場所を地図化しました。

こうした空気質のモニタリングによって私たちが日々さらされている空気汚染に対して認識が高まり、これを抑えるための前向きな行動変化を促すことができます。例えば、この調査に参加した児童は自動車の排ガスによる空気汚染のひどい場所を避けるために交通量の多い幹線道路ではなく脇道を選んで通学するようになりました。

ブリーズロンドンプロジェクトについて詳しくはウェブサイト(www.breathelondon.org)をご覧ください。



ブリーズロンドン・ウェアラブルセンサーを取り付けたバックパック



ブリーズロンドン・ウェアラブルセンサー調査に参加した子どもたち

授業 01

空気汚染とその発生源

所要時間：1時間30分

学習目的

1. 空気汚染の自然発生源、人的発生源を知る。
2. 室内の空気が屋外の空気よりも汚れている場合があることを理解する。
3. 空気汚染がさまざまな大きさの粒子でできていることを理解する。
4. 空気汚染が粒子状物質とガス汚染でできていることを理解する。
5. 空気汚染が健康や環境に与える影響を考える。
6. 空気汚染問題を解決するうえでの課題のいくつかを考える。

アクティビティの成果

空気汚染の自然発生源、人的発生源に関するクラスアクティビティを行う。
種類や大きさの違う粒子に関するアクティビティを行う。
(使用するリソースによって進め方が2通りあります)

ワークシート 01「空気汚染物質とその発生源」を完成させる

空気汚染が健康や環境に与える影響を考える。

空気汚染の影響や空気汚染問題に対処するうえでの課題をクラスで話し合う。

用意するもの：

ペン、鉛筆

紙

ホワイトボード

ポスター：空気汚染の発生源

ポスター：空気汚染物質拡大版

ポスター：空気汚染物質の大きさ

ワークシート 01：空気汚染物質とその発生源

授業 01：サポートシート

[選択肢 01用] 粘着テープ

[選択肢 01用] 顕微鏡

[選択肢 01用] 顕微鏡用スライドガラス

導入：15分

空気汚染の説明

学習目的	アクティビティ
1	<p>この授業では空気汚染を学びます、と説明してください。</p> <p>クラス全体で人間の生活になぜ空気が重要であるのかを話し合ってください。</p> <p>クラス全体に、空気汚染とはどのようなものだと思うか質問してください。</p> <p>要点をホワイトボードに書き出してください。</p> <p>空気汚染とは、危険性のある大気中の粒子とガスの混合であることを説明してください。</p>

本題：1時間

空気汚染の発生源と種類を理解する

学習目的	アクティビティ
1, 2	<p>クラスを2つのグループに分けます。1つめのグループには空気汚染の自然発生源を思いつくだけ書き出してもらいます。2つめのグループには空気汚染の人的発生源を思いつくだけ書き出してもらいます。</p> <p>再び全体に戻り、出た意見を話し合ってください。ポスター「空気汚染の発生源」見せながら、生徒たちの挙げた中になかったものがあれば、それも取り上げてください。</p> <p>生徒たちを驚かせた発生源はありましたか？</p> <p>室内の空気が屋外の空気よりも汚れている場合があることを説明してください。なぜそれが起きうると思うか、尋ねてください。</p>
3	<p>空気汚染に何が含まれているのか、これからさらに詳しく見ていきます、と全体に説明します。</p> <p>次のアクティビティの進め方は2通りあります。用意できる備品によって選んでください。</p> <p>選択肢 01: 二人一組に分け、ペアごとに顕微鏡1台とスライドガラス2枚を渡してください。</p> <p>一人に1枚、8cm程度に切った粘着テープを渡してください。この粘着テープで粒子サンプルを集めます。自分が着ている服や机、植物、木コリをかぶった棚に粘着テープを貼り付けます。</p> <p>サンプルを集めたら、粘着テープをスライドガラスの裏側に貼り付けます。</p> <p>二人一組で顕微鏡でサンプルを観察します。観察した粒子の種類や大きさの違いについて生徒に説明してもらいます。</p> <p>選択肢 02: ポスター「空気汚染物質拡大版」を見せてください。このポスターが顕微鏡で観察した汚染物質の画像であることを説明します。写っている粒子の種類や大きさの違いについて生徒に説明してもらいます。</p> <p>生徒が粒子の大きさの違いに気づくことがポイントです。</p>
4	<p>ポスター「空気汚染物質の大きさ」を見せてください。</p> <p>粒子は1メートルの100万分の1にあたるミクロン(μm)という単位で測定することを説明してください。</p> <p>クラスを二人一組に分けます。ペアごとにワークシート 01「空気汚染物質とその発生源」を配布してください。二人でワークシートのマス目をすべて切り離してもらいます。切り離したら、汚染物質とそれに対応する説明、発生源を1組にします。3つを1組として並べていきます。</p> <p>全員が組み合わせ終わったら、授業 01「サポートシート」に書かれたそれぞれの汚染物質の正しい説明と発生源を全体で話し合います。</p> <p>延長版：全員が汚染物質を正しく組み合わせることができたら、正しい順番で3つの四角を並べて紙に貼り付け、さまざまな空気汚染のポスターをつくりましょう。</p>

まとめ：15分

空気汚染の課題を理解する

学習目的	アクティビティ
5	二人一組で空気汚染が健康や環境に与える影響を考え、書き留めておくよう指示します。全体発表してもらい、挙がった意見をホワイトボードに書き出してください。
6	空気汚染問題に対処するうえでの課題を考えてもらいます。 次のような事柄に気づくことがポイントです。 - 問題が目に見えにくいこと - ライフスタイル - 私たちの多くが自動車や暖房など、空気汚染の原因になるものに頼っている - 問題の規模 次の授業でこれらの課題のいくつかに取り組みます、と説明してください。

授業 02

空気質のモニタリング

授業 02は2通りの進め方があります。

授業 02A – 学校環境での空気汚染の発生源を見つけ出し、
敷地内で集めた空気汚染データを分析し、通学時に
できるだけ空気汚染にさらされないための対策を考えます。
こちらの進め方の場合、特別な備品は必要ありません。

授業 02B – こちらの場合は授業計画の説明に従った
電子部品が必要です。*学校環境での空気汚染の発生源を見つけ出し、空気質モニタリング装置を作つて敷地内の空気汚染度を測定します。データを収集し、分析したうえで、空気汚染を抑え、それにできるだけさらされないための対策について結論を導き出します。

授業 02A

空気質のモニタリング

所要時間：1時間30分

学習目的

1. 空気質を空気汚染センサーでモニタリングできることを理解する。
2. 空気汚染データを分析する。
3. 学校内での空気汚染の発生源を考える。
4. 通学時に空気汚染にさらされることについて考える。
5. 学校内や通学時の空気汚染を抑え、空気汚染にできるだけさらされないための対策を考える。

用意するもの：

ペン、鉛筆

紙

ホワイトボード

ワークシート 02：学校敷地内の空気質

[オプション] リサーチ用PC

アクティビティの成果

学校内における空気汚染の発生源を見つけ出す。

ワークシート 02「学校敷地内の空気質」を完成させる。

空気汚染にどの程度さらされているかを認識したうえで、
通学路にマッピングする。

学校内や通学時に空気汚染にできるだけさらされない
ための対策を考える。

導入：15分

見えないものを可視化する

学習目的	アクティビティ
1	<p>空気汚染は実際にはさらされていても目に見えないために、認識しづらいことを説明してください。</p> <p>次の問い合わせについてクラス全体で話し合ってください。</p> <ul style="list-style-type: none">- 空気質モニタリング装置があれば何ができますか？- なぜそれが重要ですか？ <p>空気質モニタリング装置によって空気汚染データを収集でき、見えない問題を可視化できることに気づくのがポイントです。収集したデータに基づいて空気汚染を可視化すれば、それに対策を講じることができます。</p>

本題：1時間

空気質のモニタリング

学習目的	アクティビティ
2	<p>これから学校敷地内で集めた空気質データを分析します、と生徒に説明してください。</p> <p>空気質モニタリング装置を使って学校敷地内の6カ所に存在する空気汚染の濃度を測定したことを説明してください。ホワイトボードに次の場所を書き出します。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 教室 - 食堂／給食室 - 運動場 - 校門(道路の近く) - 駐車場 - 理科室 <p>それらの場所を、空気質が最も良いと思われる場所から最も悪いと思われる場所の順に並べてもらいます。</p>
2	<p>一人に1枚、ワークシート 02「学校敷地内の空気質」を配布してください。示された空気汚染データに基づき、ワークシートを完成させるよう指示してください。</p> <p>どの場所の汚染度が最も高かったか、どの場所が最も低かったか、発表してもらいます。初めに考えた順番と比べてもらいます。</p> <p>違いはありましたか？生徒たちは比較結果に驚きましたか？</p>
3	<p>授業 01「空気汚染とその発生源」と上のアクティビティを踏まえ、学校内で予想される空気汚染の発生源を考えもらいます。挙がった意見をホワイトボードに書き出します。次の点を考えるヒントを与えてもかまいません。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ホコリ - 調理によって発生する揮発性有機化合物(VOC) - 調理場から出る食べ物のかけら - 花粉 - 周辺道路を走る車の排ガス - 化学薬品を使用する科学実験 - 木材や接着剤などの設計・技術教室の材料 - 車が巻き上げる路面の物質 - 洗剤 - 消臭芳香剤などのスプレー
4	<p>次は通学時にさらされている空気汚染について考えてもらいます、と説明してください。</p> <p>紙にそれぞれの通学路を描くよう指示します。</p> <p>どこで空気汚染にさらされている可能性があるかマークをつけてもらいます。</p> <p>クラス全体で気づいたことを話し合い、通学時にさらされている空気汚染源トップ3を書き出します。例えば、車の排ガス、木の花粉、路面のちりホコリなど。</p> <p>延長版：通学時にさらされている空気汚染の濃度をパソコンで調査してもよいでしょう。例えばbreezometer.com、waqi.infoなどの空気質モニタリングウェブサイトがあります。</p>

まとめ :15分
対策を講じる

学習目的	アクティビティ
5	<p>クラスを2つのグループに分けます。</p> <p>1つめのグループには二人一組で、学校内の空気汚染にできるだけさらされないための対策を考え、書き出してください。必要に応じて、次の点を考えるようヒントを与えてもらいません。</p> <ul style="list-style-type: none">- 保護者に校門外でのアイドリングを止めもらう- 植樹する- 窓を開ける <p>2つめのグループには二人一組で、通学時に空気汚染にできるだけさらされないための通学路の変更を考えてもらいます。必要に応じて、次の点を考えるようヒントを与えてもらいません。</p> <ul style="list-style-type: none">- 交通手段- 通学路選び <p>全体発表してもらい、挙がった対策をホワイトボードに書き出してください。小さな対策も空気汚染にさらされないための助けになることを説明してください。</p>

授業 02B

空気質モニタリング装置をつくる

所要時間：1時間30分

この授業では、学校内の空気質を測定するための空気質モニタリング装置を自分たちでつくります。この授業の少なくとも2日前に準備しておく必要のある複数の部品があります。詳細は授業 02B 「サポートシート」をご覧ください。また、授業前にご覧いただける動画「空気質モニタリング装置製作指導法」も用意しています。

授業は必要に応じて2回に分けてもかまいません。
主となるアクティビティに十分な時間を取ることができます。

学習目的

1. 空気質を空気汚染センサーでモニタリングできることを理解する。
2. 学校内での空気汚染の発生源を考える。
3. 空気質モニタリング装置をつくる。
4. 学校内における空気質データを集める。
5. 空気汚染データを分析する。
6. 学校内や通学時の空気汚染を抑え、空気汚染にできるだけさらされないための対策を考える。

アクティビティの成果

学校内における室内空気汚染の発生源を見つけ出す。

空気質モニタリング装置を完成させる。

モニタリング装置を使って空気質データを集める。

ワークシート 04「データ収集」を完成させる。

ワークシート 05「データ分析」を完成させる。

学校内の空気汚染を抑え、空気汚染にできるだけさらされないための対策を考える。

用意するもの：

ペン、鉛筆

紙

ホワイトボード

[事前に] 授業 02B : サポートシート

[事前に] 動画：空気質モニタリング装置製作指導法

ワークシート 03 : 空気質モニタリング装置製作

ガス汚染源：スプレー（消臭芳香剤、洗剤など（両方またはどちらか））、マーカーペン

粒子汚染源：ドライシャンプー、ティーバッグ、タルカムパウダー（ベビーパウダー）、ホコリ

ワークシート 04 : データ収集

ワークシート 05 : データ分析

空気質モニタリング装置をつくるための部品

次ページの表に1つの装置に必要な部品を一覧にしています。
1グループ5人で1つの装置をつくる方法をお勧めします。

1つの装置に必要な部品類リスト	数量
Arduino Uno	1
Arduino Uno用Groveベースシールド	1
Groveユニバーサル4ピンバッフル付きケーブル(20cm)	4
Grove RGB LEDスティック(LED10個)	2
Arduino用GroveレーザーPM2.5空気質センサー(HM3301) ^{*1}	1
Arduino用Grove VOC&eCO ₂ ガスセンサー(SGP30) ^{*2}	1
リチウムイオンバッテリー 3.7V 2000mAh	1
LiPo Rider Plus チャージャー/ブースター - 5V/2.4A USB Type C	1
USBケーブル type A to C	1
USBケーブル type A to B	1

*1 こちらは粒子センサーです。人間の毛髪のおよそ25分の1に相当する2.5ミクロンまでの微粒子状汚染物質の測定が可能です。

*2 こちらはガスセンサーです。揮発性有機化合物(VOC)と汚染ガスの濃度を測定できます。

導入：5分

見えないものを可視化する

学習目的	アクティビティ
1	<p>空気汚染は実際にはさらされていても目に見えないために、認識しづらいことを説明してください。</p> <p>次の問い合わせについてクラス全体で話し合ってください。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 空気質モニタリング装置があれば何ができますか? - なぜそれが重要ですか? <p>空気質モニタリング装置によって空気汚染データを収集でき、見えない問題を可視化できることに気づくのがポイントです。収集したデータに基づいて空気汚染を可視化すれば、それに対策を講じることができます。</p>

本題：1時間15分(このセクションは時間が足りない場合は複数回に分けてもかまいません)

空気質のモニタリング

学習目的	アクティビティ
2	<p>これから学校敷地内の空気質を測定するための空気質モニタリング装置をつくります、と説明してください。</p> <p>前回の授業からの学びを踏まえ、学校内で予想される空気汚染の発生源を考えてもらいます。挙がった意見をホワイトボードに書き出します。</p> <p>用意できた装置の数に応じてグループに分けてください。各グループにこれから空気質サンプルを採取する学校内の場所を6カ所書き出すよう指示します(屋内と屋外で3カ所ずつ)。</p> <p>例：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 教室

2	<ul style="list-style-type: none">- 食堂／給食室- 理科室／設計・技術室- 運動場- 校門(道路の近く)- 駐車場 <p>それらの場所を空気質が最も良いと思われる場所から最も悪いと思われる場所の順に並べてもらいます。</p>
3	<p>グループごとにワークシート 03「空気質モニタリング装置製作」を配布してください。</p> <p>ワークシートの手順に従い、グループで空気質モニタリング装置を完成させてもらいます。</p> <p>延長版：装置づくりが早く終わった生徒がいた場合、または授業時間に余裕がある場合は装置をもっと使いやすくするため、装置を入れる箱を作ってもらいましょう。</p>
4	<p>装置が完成したら、用意したガス汚染源と粒子汚染源を使って空気質が悪い場合にセンサーがどのように反応するか試してください。LEDライトの点灯個数が多いほど、空気中の汚染濃度が高いことを説明してください。</p> <p>グループごとにワークシート 04「データ収集」を配布します。</p> <p>グループごとに交代しながら、それぞれが選んだ場所に向かってください。それぞれの場所のガス汚染、粒子汚染に対してLEDライトがいくつ光ったかワークシートに記録してもらいます。</p> <p>注：この空気質モニタリング装置は空気質を示すひとつの指標であり、空気質の正確かつ信頼できる科学的測定値ではありません。したがって、測定値は装置によって変動する場合があります。</p>
5	<p>生徒たちが教室に戻ってきたら、ワークシート 05「データ分析」を配布してください。</p> <p>そしてまず結果をグラフ化してから、質問に答えてもらいます。</p> <p>クラス全体で気づいたことや、学校内の空気質測定値が良かった場所、悪かった場所の考えられる原因を話し合ってください。</p> <p>もし測定結果にわずかな違いしかなければ、その理由を話し合うのも良いでしょう。</p> <p>考えられる理由の例：</p> <ul style="list-style-type: none">- 風が吹いている- 窓を開けているなど、換気が良い- 車の通行やアイドリングが少ない- 農村部にある <p>延長版：希望に応じて、生徒たちに空気質モニタリング装置を使って登下校中の空気質をチェックし、その後の授業で全体発表してもらいましょう。例えば次のような場所で空気質を測定できます。</p> <ul style="list-style-type: none">- 学校の駐車場- 学校のバス停- 校門- 車内- 交通量の多い道路の道沿い

まとめ：10分
対策を講じる

学習目的	アクティビティ
6	<p>クラスを2つのグループに分けます。</p> <p>1つめのグループには二人一組になり、学校屋外で空気汚染にできるだけさらされないための対策を書き出してもらいます。 必要に応じて、次の点を考えるようヒントを与えてもかまいません。</p> <ul style="list-style-type: none">- 保護者に校門外でのアイドリングを止めてもらう- 植樹する <p>2つめのグループには二人一組になり、学校屋内で空気汚染にできるだけさらされないための対策を書き出してもらいます。 必要に応じて、次の点を考えるようヒントを与えてもかまいません。</p> <ul style="list-style-type: none">- 理科室、掃除、食堂／給食室で揮発性有機化合物(VOC)が少ない製品を使用する- 窓を開ける <p>全体発表してもらい、挙がった対策をホワイトボードに書き出してください。</p>

セクション 02： 除去する

室内の空気の汚れを解決するために
ダイソンのエンジニアが
Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンを
どのように開発したのかを学びます。
空気汚染を検知し除去する方法を、
ろ過の仕組みを中心に学びます。

製品を知る： Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファン

ダイソンのエンジニアは、室内の空気の汚れを解決するために Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンを開発しました。開発にあたり、空気清浄機能付きファンに必要な3つの主な機能を洗い出しました。

1. 空気の状態をモニターできる。
2. 空気の汚れを捕えることができる。
3. きれいな空気を循環させる。

空気の状態をモニターする

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンは粒子センサーとガスセンサーで空気の汚れを自動的に検知します。センサーから集められたデータに基づいて本体が作動し、室内の空気を常に浄化します。

粒子センサー

粒子センサーは空気を小さな空間内に引き入れ、レーザーを使って空気中に存在する粒子状物質の濃度を検知します。0.3µmまでの微小粒子も検知できます。

ガスセンサー

ガスセンサーは空気中に存在する揮発性有機化合物(VOC)と二酸化窒素(NO₂)などのガスを検知します。



Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンの空気質センサー

製品を知る： 空気の状態を知らせる

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンに内蔵されたセンサーの情報は、本体のLCDディスプレイとスマートフォンにダウンロードして使えるDyson Linkアプリに表示されます。ディスプレイまたはアプリに室内の空気の汚れの種類や濃度が表示されることによって、ユーザーが室内の空気の状態をチェックできます。アプリではファンの作動時間の設定や、フィルター寿命の確認も可能です。



製品を知る： 汚染物質を除去する

ガラス纖維HEPA(High Efficiency Particulate Arrestance)フィルター

HEPAフィルターは花粉、煙、ホコリなどの固形物質を捕らえる粒子フィルターです。9m相当のホウケイ酸ガラス纖維でできています。このガラス纖維は衝突、捕集、拡散という3つの方法でPM0.1レベルの微細な粒子を99.95%除去できます。この概念がポスター「空気中汚染物質の動き」に視覚化されています。

捕集

空気清浄ファンを作動させると、ディフューザーによって空気がファンの底部から取り込まれ、フィルターを通過します。空気はフィルターの硬いガラス纖維を直接通り抜けることはできませんので、纖維の端に沿って引き寄せられます。この気流に含まれる粒子は、ガラス纖維に十分近づいた時に捕集されます。

慣性衝突

特に高速移動している場合、重い粒子ほど方向転換には強い力が必要です(空中を飛ぶ大砲を想像してみてください)。気流は、重い粒子を方向転換させ、マイクロファイバーを回避するほど強さではないため、粒子は一直線に動き続け、直接マイクロファイバーに衝突して捕集されます。

ブラウン拡散

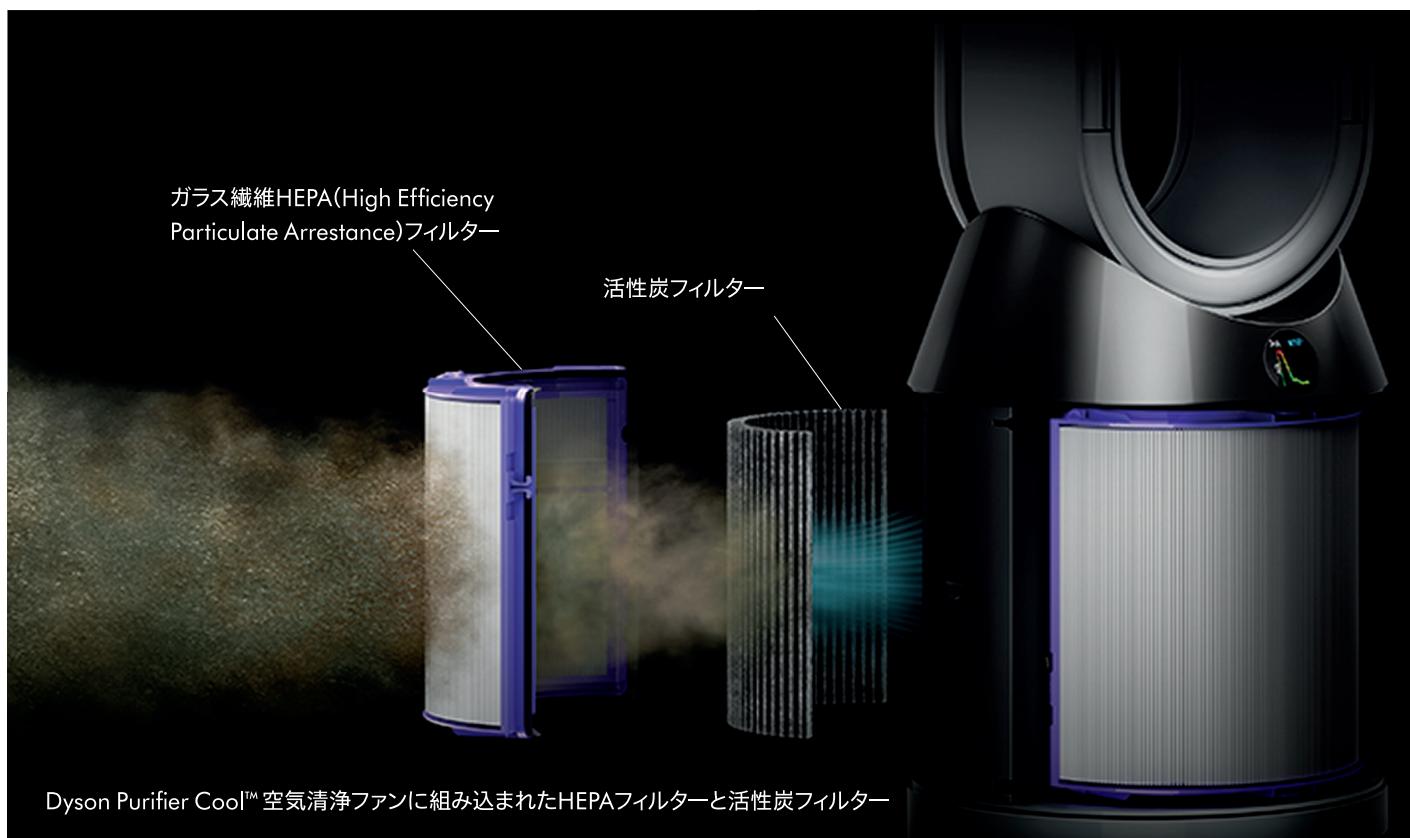
より微細な粒子は、小さすぎるがゆえに気流に乗って流されることがありません。こうした微細粒子は高速で動き、粒子同士で頻繁に衝突し、頻繁に方向が変化します。こうした衝突による不規則な動きを「ブラウン運動」と言います。この不規則な動きに基づき、確率上、粒子は遅かれ早かれフィルター内のマイクロファイバーのどれかにぶつかり、捕集されます。

活性炭フィルター

HEPAフィルターは粒子状物質を捕集しますが、ホルムアルデヒド、ベンゼン、二酸化窒素(NO₂)やホルムアルデヒド、ベンゼンなどの揮発性有機化合物(VOC)は通過してしまいます。Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンではHEPAフィルターの内側に活性炭フィルターを組み込み、これら有害なガスを除去します。

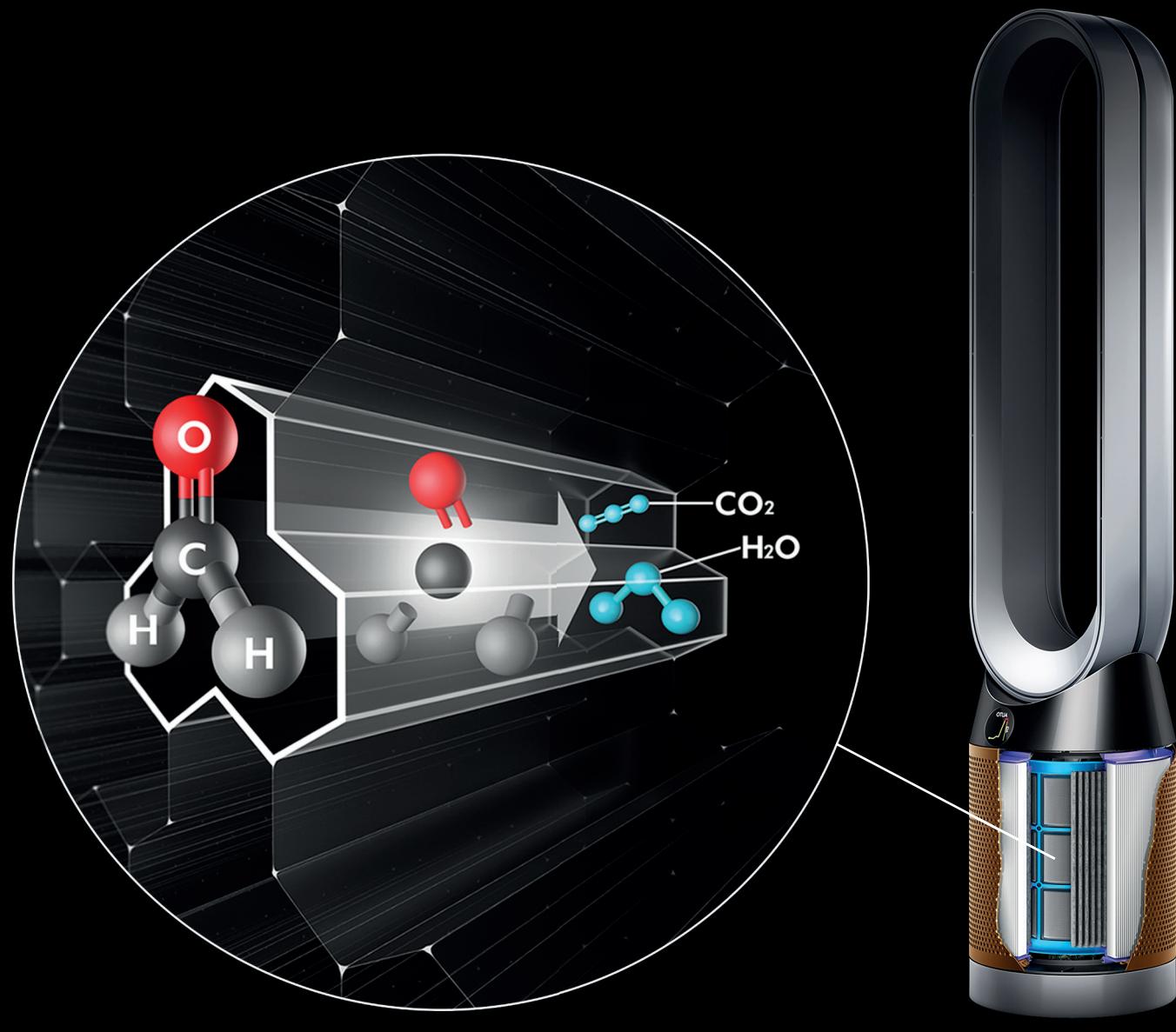
活性炭フィルターは微細孔が網状に連なった構造をしています。つまり体積に対して表面積が非常に大きく、活性炭を通過する有害なガスが微細孔に捕らえられます。

たった1gの活性炭の内側には表面積1,000m²分の微細孔が連なっています。これはテニスコート4面分に相当します。Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファン組み込まれた活性炭フィルターの表面積はサッカーフィールド40個分です。



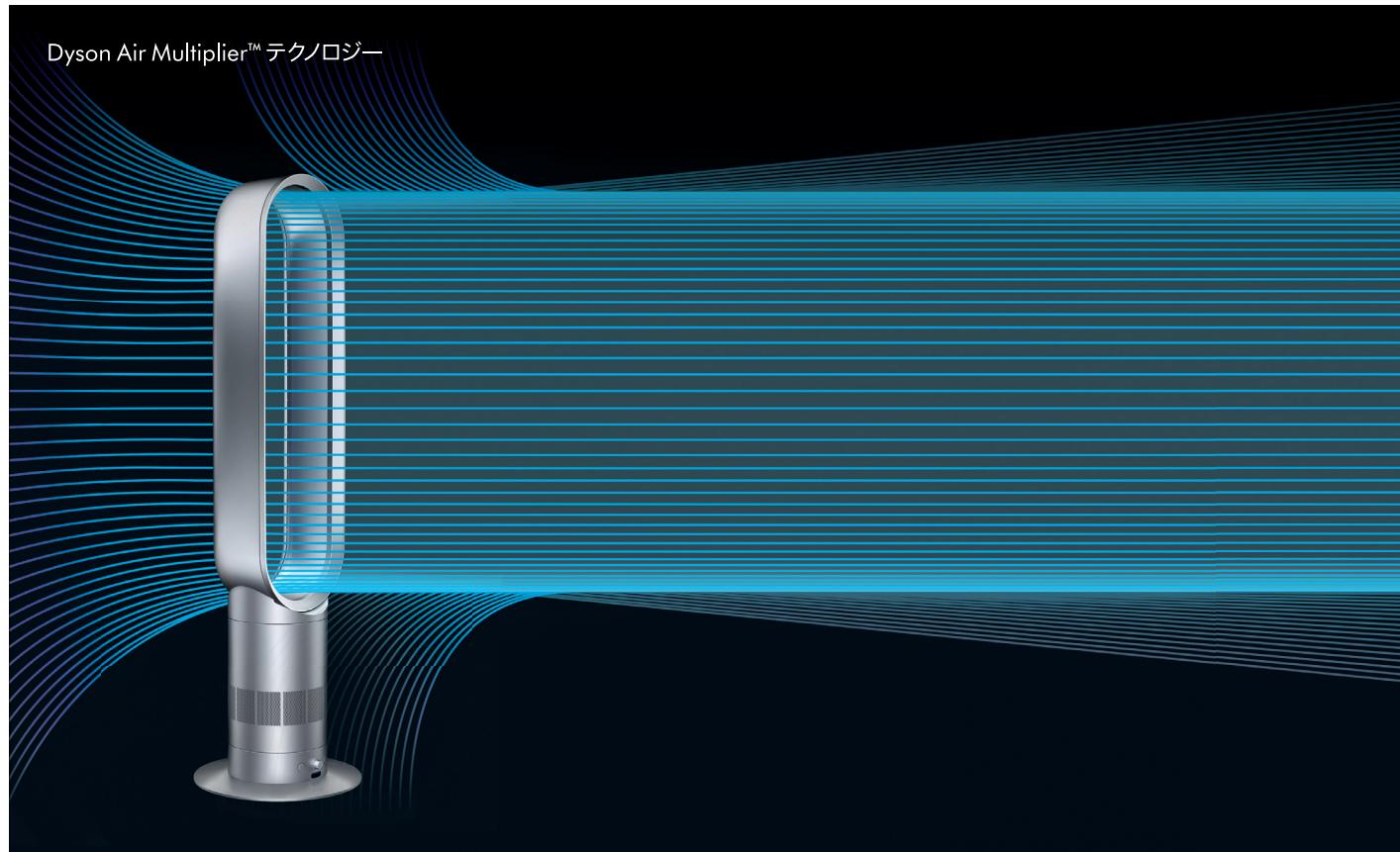
HEPAフィルターと活性炭フィルターはどちらにも寿命があります。どちらも最終的には汚染物質の粒子やガスで飽和状態になり、交換が必要になります。HEPAフィルターの場合は(ファンを使用している場合)、使用を開始してから約6ヶ月後には飽和状態となります。活性炭フィルターの場合は通常、6~12ヶ月で飽和状態になります。これ自体は、フィルターの交換が可能なため、それほどの問題ではありませんが、ダイソンのエンジニアは満足しませんでした。そこで本体の耐用年数の間ずっと使えるフィルターの開発に乗り出し、その結果生まれたのが酸化分解触媒フィルターで、クリプトメレンと呼ばれる触媒を使用しています。

クリプトメレンはホルムアルデヒドに反応し、少量の水とCO₂に分解します。HEPAフィルターや活性炭フィルターと異なり、クリプトメレンは飽和状態になることがありません。事実、恒久的に触媒としての機能を果たすため、クリプトメレンのフィルターは交換の必要はありません。ただしこのフィルターにも制約はあり、除去するのは空気中のホルムアルデヒドに限られます。



製品を知る： Dyson Air Multiplier™ テクノロジー

ダイソンのエンジニアは空気中から汚染物質を取り除く方法を見つけました。次はきれいになった空気を部屋中に循環させる方法が必要です。そこでその助けとなるダイソンの独自技術、Dyson Air Multiplier™（ダイソン エア マルチプライヤー）テクノロジーに気づきました。ダイソンのデスクファンは1秒間に最大370リットルもの空気を送り出します。缶入り炭酸飲料に換算すると1,121本分です。ダイソンのエンジニアはこのテクノロジーをDyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンに応用し、きれいな空気を部屋中に効率良く循環させることに成功しました。



授業 03

空気の汚れを取り除く

所要時間：1時間30分

学習目的

1. Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンの開発にあたり
ダイソンのエンジニアのデザイン(設計)判断を理解する。

2. 直接的捕集、慣性衝突、ブラウン拡散など、さまざまな
粒子のフィルター捕集の仕組みを学ぶ。

3. 表面積がフィルター性能に与える影響を理解する。

4. 活性炭フィルターの機能を実証する。

5. 反復的デザイン(設計)プロセスの重要性を理解する。

アクティビティの成果

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンについてクラス全体で話し合う。

ワークシート 06「フィルターの設計」を完成させる。

[オプション]ワークシート 07「活性炭フィルターを使った実験」を行う。

用意するもの：

ペン、鉛筆

紙

動画：スマーケボックス

動画：ダイソンの空気清浄テクノロジーとその機能

動画：活性炭フィルターを使った実験

[オプション]動画 酸化分解触媒フィルター

ポスター：空気中汚染物質のろ過

ポスター：空気中汚染物質の動き

授業 03：サポートシート

ワークシート 06：フィルターの設計

- A4用紙

- 定規

- 電卓

[オプション] ワークシート 07：活性炭フィルターを使った実験

実験を行うには1グループにつき以下の用具が必要です。

- ガラスピーカー 2個

- ガラス漏斗(小)

- 円形ろ紙

- 顆粒状活性炭

- クランプスタンド

- 食用着色料

導入：25分

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンを紹介する

学習目的	アクティビティ
1	クラス全体で動画「スマーケボックス」を見ます。 箱の中の煙(スマーケ)に何が起きるか考えてもらいます。 この授業では空気中の汚染物質を取り除くために Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファン ではどのようにフィルターを使っているかを学びます、 と説明してください。

1	<p>クラス全体で動画「ダイソンの空気清浄テクノロジーとその機能」を見ます。クラスを5つのグループに分け、グループに1つ、以下の質問を割り当てます。グループごとに答えを考えて紙に書きます。後で全体発表してもらいます。</p> <p>グループ1：ダイソンのエンジニアは空気清浄ファンを開発するにあたってどこからヒントを得っていましたか？デザインプロセスは簡単でしたか？</p> <p>グループ2：空気清浄ファンには2つのセンサーが使われています。何と何ですか？なぜその2つのセンサーを使うのですか？</p> <p>グループ3：なぜ複数のフィルターを使うのか理由を考えてください。複数のフィルターを組み合わせる方法について何か気づいたことはありますか？その理由は何だと思いますか？</p> <p>グループ4：この空気清浄ファンの設計にあたって、ダイソンのエンジニアが考慮しなければならなかったことは、主に何だと思いますか？必要に応じて、次の点を考えるようヒントを与えてもらいません。</p> <ul style="list-style-type: none"> - サイズ - 音 - 外観 - 寿命 - 素材 - 使いやすさ <p>グループ5：LCDディスプレイのメリットは何ですか？専用アプリの目的は何ですか？ユーザーにとって役に立ちますか？なぜそう思いますか？現状このアプリにはないが、追加できると思われる機能はなんですか？各グループの代表者にグループ内で考えた答えを全体発表してもらいます。</p>
---	--

本題：1時間

ろ過について学ぶ

学習目的	アクティビティ
2	<p>ポスター「空気中汚染物質のろ過」「空気中汚染物質の動き」を見せてください。</p> <p>粒子の大きさの違いによる動き方の違いを説明します。</p> <p>ポスターに示された4つの動き方にどの大きさの粒子が当てはまるか考えてもらいます。</p>
3	<p>HEPAフィルターがひだ構造になっているのはなぜだと思うか尋ねます。</p> <p>各自または二人一組でワークシート 06「フィルターの設計」を完成させてください。</p> <p>再び全体に戻り、考えたことを話し合います。授業 03「サポートシート」を話し合いの参考にしてください。</p>
4	<p>HEPAフィルターはPM0.1レベルの微細な粒子を99.95%除去できるけれども、揮発性有機化合物(VOC)は通過してしまうこと、この揮発性有機化合物(VOC)を捕らえるために、Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンでは活性炭を使用していることを説明してください。</p>

	<p>オプション：活性炭の働きを理解するために活性炭の実験を行うこともできます。その場合はワークシート 07「活性炭を使った実験」の手順に従ってください。</p> <p>活性炭によって水から食用着色料が取り除かれることに気づくはずです。食用着色料分子が吸収されると活性炭と結合し、その結果、水から取り除かれて水がきれいになります。空気中の揮発性有機化合物(VOC)を取り除くためにDyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンに取り付けられた活性炭にもこの原理が用いられています。</p> <p>時間または実験に必要な備品の都合上実験ができない場合は、動画「活性炭フィルターを使った実験」を見て、その働きを理解することもできます。</p>
5	<p>HEPAフィルターと活性炭フィルターはどちらも時間の経過とともに、汚染物質の粒子やガスで飽和状態になることを説明します。つまり、それ以上は空気中の汚染物質の除去ができないため、交換が必要になります。そこでダイソンのエンジニアは、本体の耐用年数の間ずっと使えるフィルターを搭載した空気清浄ファンの開発に乗り出しました。それが空気中のホルムアルデヒドを取り除く酸化分解触媒フィルターであり、消耗してしまうことがないと説明してください。</p> <p>クラス全体で酸化分解触媒フィルターの利点と制約について考えます。酸化分解触媒フィルターは本体の耐用年数の間ずっと使える一方で、除去できるのはホルムアルデヒドのみ、それ以外の汚染ガス、揮発性有機化合物(VOC)、粒子状物質には対応していないことに気づくことがポイントです。</p> <p>こうした製品開発を反復的デザインプロセスと呼び、これによってエンジニアが従来製品の改良に取り組んでいることを説明してください。</p> <p>反復的デザインプロセスについて、これ以外に気づいたことはないか尋ねてください。Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンは Dyson Air Multiplier™ (ダイソン エア マルチプライヤー)テクノロジーが組み込まれているという点で、反復的設計の一例であると気づくことがポイントです。</p> <p>延長版：動画「酸化触媒フィルター」を見ると、ろ過の仕組みをさらに深く理解できます。</p>

まとめ：5分

Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファン分析する

学習目的	アクティビティ
5	<p>クラス全体で次の問い合わせを考え、授業をまとめます。</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンの特長は何ですか？ - どのような問題を解決しますか？ - どのような制約がありますか？

セクション 03： 解決する

空気汚染が世界的な問題であり、世界中のエンジニアがその解決に貢献するためどのような努力をしているのか学びます。ダイソンのエンジニアが新しい技術を開発する際のデザイン(設計)プロセスを学び、自分たちもそのデザインプロセスに従いながら、学校または家庭環境における空気汚染問題を解決するためのソリューションを設計し、試作品をつくります。

エンジニアリングによる 空気汚染問題の解決

世界の人口は2050年には100億人に達することが予想され、そのおよそ70%が都市居住者と言われています。この人口増加によって空気汚染をさらに悪化させないために、私たちにはサステナブルな未来の構築に向けた対策が必要です。科学知識を駆使できるエンジニアにはこれに役立つ技術を開発する技能があります。

エンジニアは技術で問題を解決する人です。新製品のためのリサーチを行い、アイデアを編みだし、従来の技術の改良方法を考えます。問題を出発点にして、その解決策を考えるのでです。この一連の流れをデザインプロセスと言い、大きく分けて3つの段階(設計する、つくる、試す)を繰り返します。

設計する – この段階では、エンジニアはこれから解決しようとする問題を特定し、解決策を想定します。そして解決策の完成予想図を作成します。

つくる – 完成予想図に基づき、ボール紙などの簡単な模型製作材料、またはもっと高度な場合は3Dプリンターで製作した部品などを使って試作品をつくります。試作品はその製品の第1号バージョンです。それを土台に新たなバージョンが開発されます。

試す – 試作品がうまく機能するのか、その問題に対する効果的な解決策になっているのかを確認するために試作品のテストが必要です。

試すことによって試作品の弱点や欠陥を洗い出し、次の試作品で対処します。つまり循環型プロセスです。問題を首尾良く解決できる最終製品が完成するまでこの一連のサイクルを繰り返します。Dyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンの場合は、ダイソンのエンジニアたちが2,605個に上る試作品を設計し、つくり、試しました。



エンジニアリングによる 空気汚染問題の解決例

カエリ 2019年ジェームズ ダイソン アワード国際ファイナリスト 作品(インド)

デリーは世界で3番目に汚染度の高い都市です。街の空気汚染が特にひどい時には多くの喘息患者が入院する事態になります。カエリ(Caeli)は空気質が悪い時でも喘息患者が健康を保ち、QOLを高めるために開発された、6層のフィルターと遠心ファンを組み合わせた汚染物質防止マスクです。このマスクを使うと常にきれいな空気が送り出されるとともに、内蔵された空気質モニタリングセンサーからデータをアプリに送信でき、着用者が必要な時にネブライザーから服薬することもできます。

フォトシンセティカ(英国)

フォトシンセティカ(PhotoSynthetica)は大気からCO₂を取り除き、蓄積する都市のカーテンです。1日におよそ1キロのCO₂を蓄積でき、大きな木20本分のCO₂蓄積能力に相当します。建物の外側に取り付け可能な大型モジュールで構成され、モジュールの底部から空気を取り込み、CO₂を吸収する特殊な藻を使った水分を含む媒体を通過することによって空気からCO₂を取り除きます。

スマッグフリータワー(中国)

スマッグフリータワーは高さ100m の空気清浄タワーです。都市に発生するスマッグを抑えるために設計されました。高さは7m、イオン化した銀板とフィルターを使い、空気中から粒子状物質を取り除きます。

スマッグフリー自転車(中国)

スマッグフリー自転車は汚れた空気をろ過システム内に取り込みます。空気から汚染物質が取り除かれ、ろ過された空気が運転者に向かって放出されます。

スponジマウンテン(イタリア)

スponジマウンテンはトリノとリヨンをつなぐ鉄道トンネルの建設によって掘り出された土を活用したプロジェクトです。高さ90mの盛り土がつくられました。この盛り土が空気中のCO₂を吸収し、欧州の中でも深刻な汚染で知られるトリノの街の空気汚染を軽減します。

電化道路(スウェーデン)

スウェーデンのイーロードアーランダ(eRoadArlanda)プロジェクトでは世界初の電化道路が建設されました。導電技術を使い、スケーリックストリックのスロットカー用コースと同様、電気自動車の走行中に道路から給電します。道路に沿って導電性レールを敷設し、車両底部に取り付けられたアームを介して充電します。

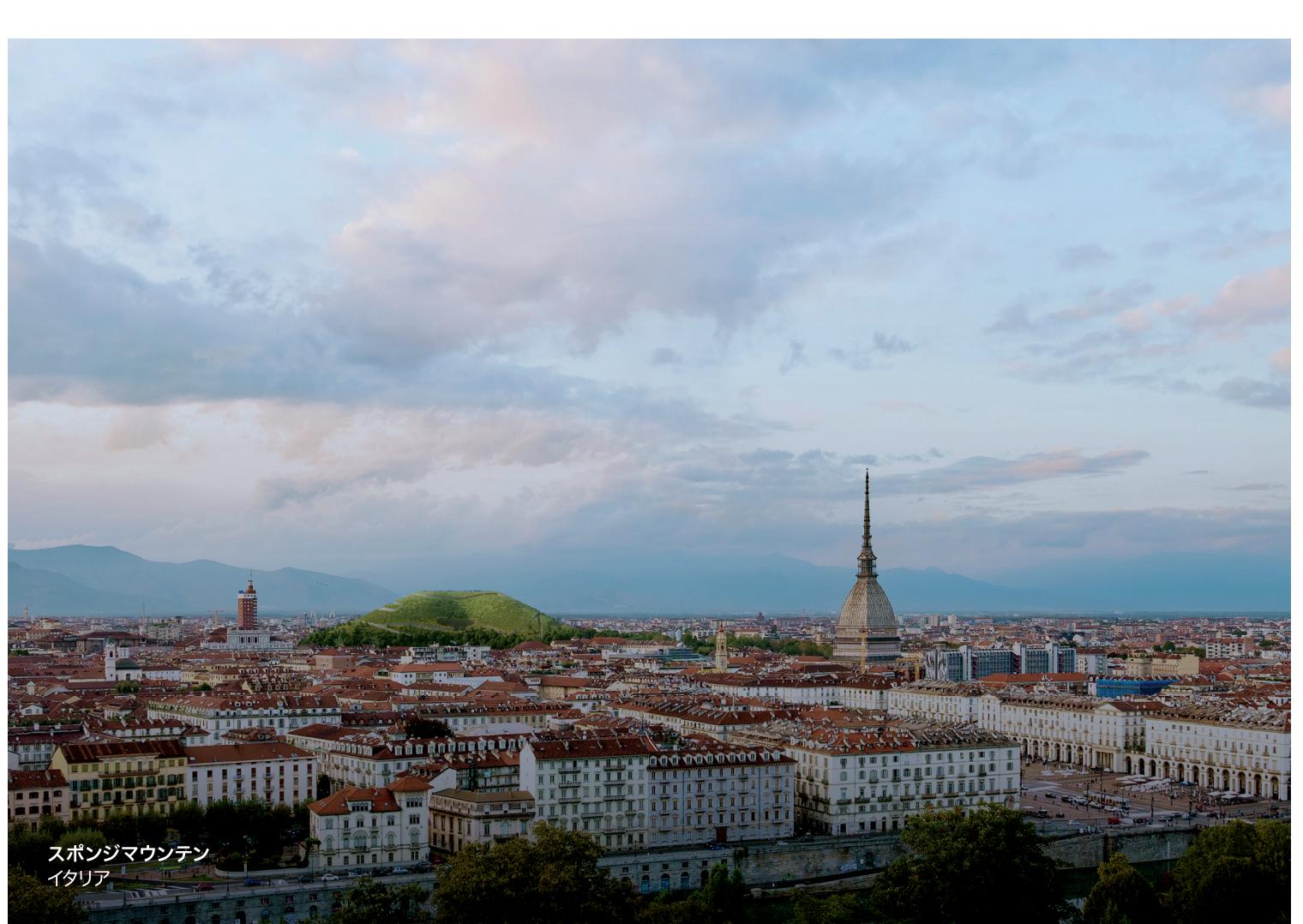
バーティカルフォレスト(イタリア)

バーティカルフォレスト(Vertical Forest)はサステナブルな居住用建物の一つの模範です。建物には800本の木、4,500本の低木、1万5,000本の植物が植えられ、森林2万m²分に相当します。バーティカルフォレストによってCO₂やちり粒子が吸収され、酸素が放出される微気候がつくれられています。





電化道路
スウェーデン



スポンジマウンテン
イタリア



スモッグフリータワー
中国

授業 04

空気汚染問題の 解決策を設計する

所要時間：1時間30分

学習目的

1. エンジニアが空気汚染問題の解決にどのように貢献することができるかを理解する。
2. これまでのエンジニアリングによる空気汚染問題の解決策を考える。
3. 空気汚染をはじめ、課題に対処するための新しい技術開発の際にエンジニアがたどっているデザイン(設計)プロセスを理解する。
4. 空気汚染問題の解決策を設計する。

アクティビティの成果

これまでのエンジニアリングによる空気汚染問題の解決策を調べる。

完成予想図と部品リストを完成させる。

用意するもの：

ペン、鉛筆

A3用紙

ポスター・デザイン(設計)プロセス

リサーチ用PC

エンジニアリングによる空気汚染問題の解決例
(37~39ページ)

導入：5分

エンジニアリングによる空気汚染問題の解決

学習目的	アクティビティ
1	<p>エンジニアが技術開発を通じて空気汚染問題の解決に貢献できることを説明してください。</p> <p>これからエンジニアになったつもりで問題の解決策を自分たちで設計します、と説明してください。</p> <p>まずはこれまでのエンジニアリングによる解決例を探します。</p>

本題：1時間15分

空気汚染問題の解決策を設計する

学習目的	アクティビティ
2	<p>クラスを三人一組のグループに分けます。この教材の前3ページに紹介したこれまでのエンジニアリングによる解決策例をグループごとに1つ割り当て、調査してもらいます。オンライン検索をして自分たちで事例を見つけてもかまいません。</p> <p>グループごとに以下の問い合わせの答えを考え、書き出してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> - どのような解決策ですか？ - どのような仕組みですか？ - 空気汚染問題に対して効果的な解決策ですか？なぜそう思いますか？

	<p>全体発表してもらいます。</p> <p>全体で強みと弱みについて話し合います。</p>
3	<p>ポスター「デザイン(設計)プロセス」を見せてください。</p> <p>問題解決のために、エンジニアには要領書が与えられることを説明してください。要領書にはその製品によって解決すべき問題が説明され、デザインエンジニアが取り組むべきパラメーターが定められています。例えば、その製品について、特定のサイズと特定の機能が指定されることもあります。</p> <p>要領書に沿って作業を進める際は、デジタルエンジニアは「設計する、つくる、試す」の3つの段階で構成されたデザインプロセスに従うことを説明してください。</p> <p>エンジニアはこのデザインプロセスを何度も繰り返し、1つの製品を開発していきます。循環型、言い方を変えれば反復的プロセスです。</p> <p>なぜ反復が大切なのか、尋ねてください。</p> <p>試すことによって試作品の問題を明らかにし、次のデザインプロセスサイクルで対処するという事実を導き出すことがポイントです。</p>
4	<p>三人一組の各グループで、これからエンジニアになったつもりで空気汚染の解決策の試作品を自分たちで設計しつくることを説明してください。</p> <p>この授業ではデザインプロセスの最初の段階、「設計する」を実践します。</p> <p>要領書の内容を説明してください：学校または家庭環境にある、もしくは通学時の空気汚染の問題を解決する製品を設計する。</p> <p>各自で要領書にあった解決策を考え、完成予想図を描いてもらいます。時間は30分です。次の基準や制約を考慮するよう指示します。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ユーザー - 機能 - 素材 - 安全性 - 外観 - コスト <p>試作品づくりに使える材料を説明し、設計の際はそれを考慮するよう指示します。</p> <p>それぞれに考えたアイディアを各グループ内で発表してもらいます。互いに質問し合い、最後にグループとしての採用案を決めてもらいます。</p>

まとめ：10分

試作品づくりの準備

学習目的	アクティビティ
4	自分たちが設計した試作品をつくるために必要な部品類を、渡したリストの中から各グループに挙げてもらいます。そして次の授業で試作品づくりをするための計画を立て、役割や責任を割り振ります。

授業 05

空気汚染問題の 解決策をつくる

所要時間：1時間30分

学習目的

1. 要領書の条件に従って大まかな試作品をつくる。
2. チームワーク力を養う。
3. 実践的スキルを養う。
4. デザイン(設計)プロセスにおけるテストの大切さを理解する。
5. プレゼンテーションスキル、自己評価スキルを養う。

用意するもの：

- 試作品づくりに必要な各種材料
- 部品を結合させるための各種接着剤
- 材料を切断・裁断したり、試作品を組み立てるための工具類

アクティビティの成果

空気汚染問題を解決する製品の試作品をつくる。

試作品について全体発表する。

導入：10分

試作品づくりの準備

学習目的	アクティビティ
1	<p>この授業では前の授業と同じグループでそれぞれが決めた設計の大まかな試作品をつくります、と説明してください。</p> <p>前の授業でまとめた部品類リストに従い、試作品づくりに必要なものを揃えるよう指示します。</p>

本題：1時間

試作品づくり

学習目的	アクティビティ
2	<p>各チームでリードエンジニアを決めてもらいます。リードエンジニアは誰がどの部分をつくるか割り当て、寸法と品質の一貫性を確保するとともに、製品の設計や部品リストに追加や修正を加えた場合は記録します。</p> <p>また、リードエンジニアは授業の最後に試作品が必ず完成するよう努める必要があります。</p>
3,4	<p>提供された材料と部品類を使用し、各グループでチームワークを活かしながら設計を基に試作品づくりに取り組むよう指示します。</p>

3, 4

試作品をつくりながら途中で試し、ユーザーがどのように操作するか、設計に欠陥はないか確認を促してください。

デザインプロセスは反復的であることを再確認し、困難に遭遇したら協力して設計の修正、改良に取り組むよう促してください。

まとめ：20分

評価

学習目的	アクティビティ
4, 5	<p>各グループに試作品を全体発表してもらいます。次の点に注目してください。</p> <ul style="list-style-type: none">- 問題- 解決策- どのように機能し、既存の解決策よりもどのような点が優れているか- 使う人は誰か <p>各グループに途中で加えた変更点を振り返り、試作品を改良するためにさらにどのような変更が可能か考えもらいます。</p> <p>注：試作品の全体発表の代わりに、他のクラスの生徒や教師も訪れることができるデザイン展示会を開く方法もあります。各グループが試作品を展示し、見学者に作品を紹介します。</p>

ワークシート 01：

空気汚染物質と その発生源

このワークシートには汚染物質の名前、説明、発生源が記載されています。
マス目に沿って切り離し、汚染物質と説明、発生源とを合致させてください。

PM10	粒径2.5μm以下。非常に小さく、電子顕微鏡を使ってのみ見ることができる。小さいがゆえに人体に本来備わっているバリア機能をすり抜け、肺に入り込む。	ホルムアルデヒド
二酸化窒素(NO ₂)	無色の刺激性ガス。太陽の紫外線から私たちを守る上層大気の自然気層と異なり、地表で生成される。	発生源：* - 大量生産による木材製品 - ニス - 塗料 - 接着剤
発生源： - バクテリア - 菌類 - 石炭・ガス・石油を動力源とする産業から排出される。	PM0.1	揮発性有機化合物(VOC)
発生源： - 二酸化窒素(NO ₂)と揮発性有機化合物(VOC)が太陽光と反応することによって生成される。	粒径10μm以下。通常は鼻毛や粘液で捕らえられる大きさであるため、咳やくしゃみによって排出される。ただし、呼吸に影響し、健康に長期的な影響を及ぼすこともある。	発生源：* - タバコ - 塗料 - 洗剤 - アロマキャンドル - 家具用ツヤ出し剤
発生源： - 黒煙 - 土壌 - 道路、建築現場からのちりホコリ - 花粉 - カビ胞子	PM2.5	毒性を有する場合のある気体または浮遊液体の総称。
粒径0.1μm以下の超微粒子。超微粒子であるがゆえに肺組織をすり抜け、血流に入り込む。	発生源： - ガスや、まきを使用する暖房器具の不完全燃焼	スモッグや酸性雨の原因となる強いニオイのある赤茶色のガス。
二酸化硫黄(SO ₂)	無味無臭、無色のガス。	発生源： - ディーゼル車の排ガス - 火災 - 石炭工場 - 家庭用暖房
一酸化炭素(CO)	火山から放出される強いニオイのある毒性ガス。	発生源： - 化石燃料の燃焼 - 火山 - 森林火災
特徴的な強いニオイと可燃性で知られる。	地上オゾン(O ₃)	発生源： - 車の排ガス - 木が燃えた煙 - タバコの煙

* 全てに含まれているわけではありません。

ワークシート 02： 学校敷地内の 空気質

空気質モニタリング装置を使って学校敷地内の6カ所に存在する空気汚染の濃度を測定しました。

1. それぞれの場所の粒子汚染濃度を空気質指標を参照しながらグラフ1に示してください。

2. それぞれの場所のガス汚染濃度を空気質指標を参照しながらグラフ2に示してください。

学校敷地内の空気質測定値

場所	粒子センサー(LEDライトの点灯個数)	ガスセンサー(LEDライトの点灯個数)
1. 教室	4	2
2. 食堂／給食室	6	6
3. 運動場	3	4
4. 校門	5	7
5. 駐車場	3	5
6. 理科室	4	6

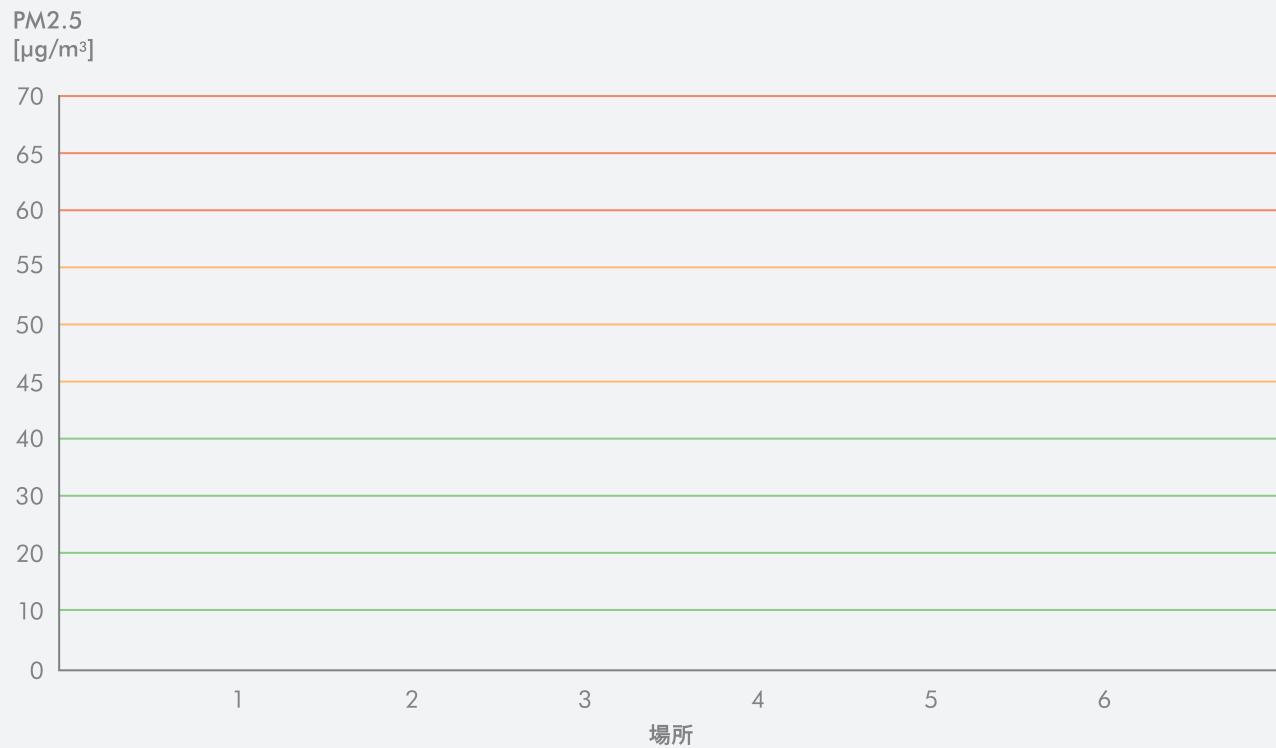
空気質指標

空気質	LEDライトの点灯個数	粒子($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^{*1}	ガス(ppb) ^{*2}
非常に悪い	10	70	5000
	09	65	4000
	08	60	3000
	07	55	2000
中程度	06	50	1000
	05	45	500
良い	04	40	400
	03	30	300
非常に良い	02	20	200
	01	10	100

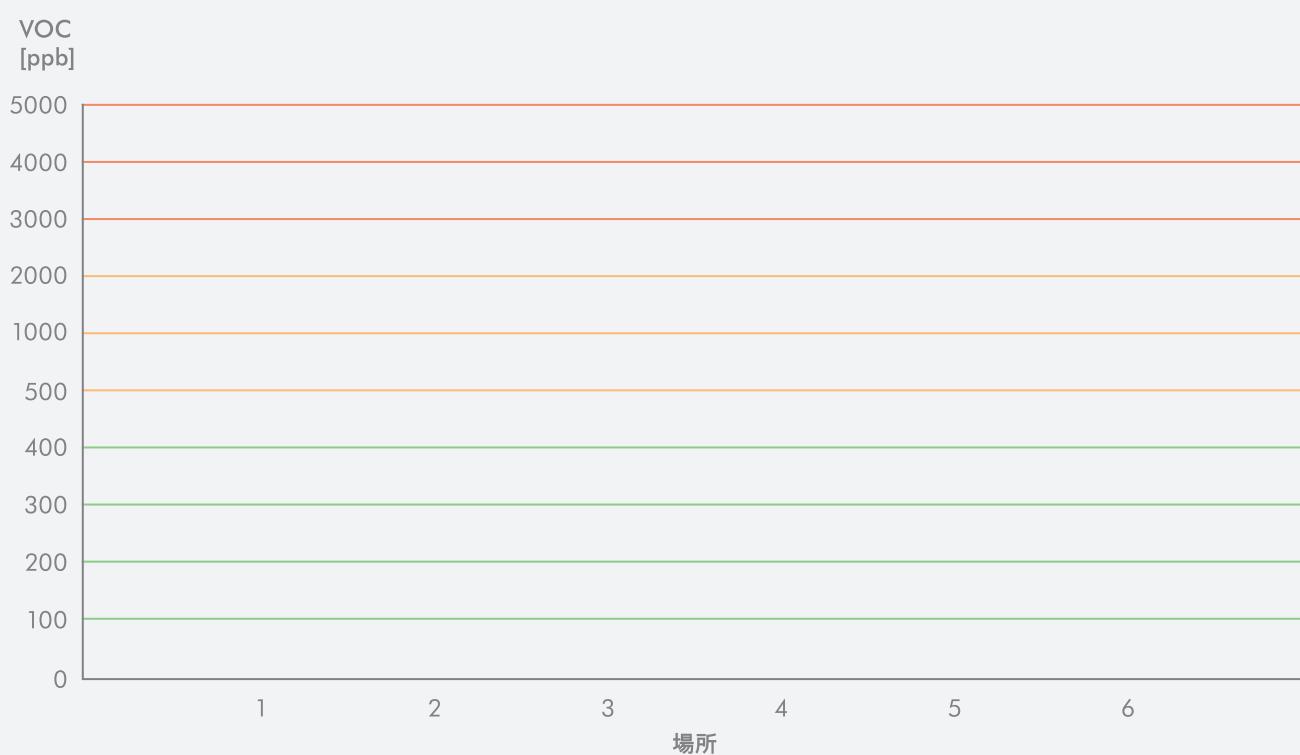
*1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = 空気1m³あたりの粒子汚染量(マイクログラム)

*2 (ppb) = 空気中の分子10億個に含まれる個数

グラフ01 - 粒子汚染



グラフ 02 - ガス汚染



3. グラフを見て、次の問い合わせに答えてください。

空気汚染度が最も高かったのはどの場所ですか？

その場所でよりひどかった汚染はガスと粒子どちらでしたか？

汚染の原因は何だと考えられますか？

空気汚染度は屋内から屋外へどのように変化しましたか？

意外に感じた結果はありましたか？

ワークシート 03： 空気質モニタリング 装置をつくる

このガイドを見ながら空気質モニタリング装置をつくります。装置を使って学校敷地内のさまざまな場所で汚染のモニタリングができます。

1つの装置に必要な部品類リスト	数量
Arduino	1
ベースシールド	1
ケーブル	4
LEDスティック	2
粒子センサー ^{*1}	1
ガスセンサー ^{*2}	1
バッテリー	1
ブースター	1
USBケーブル	1

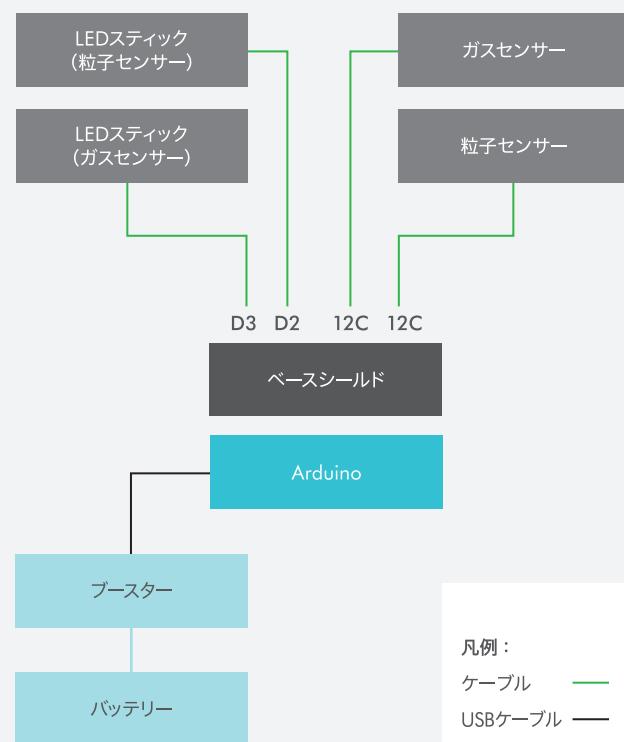
*1 人間の毛髪のおよそ25分の1に相当する2.5ミクロンまでの微粒子状汚染物質の測定が可能です。

*2 揮発性有機化合物(VOC)と汚染ガスの濃度を測定できます。

ガイド

1. ベースシールドをピンを使ってArduinoに差し込みます。
2. 1本目のケーブルの片方の端を粒子センサーに、
反対の端をベースシールドの空いている12Cスロットに差し込みます。
3. 2本目のケーブルの片方の端をガスセンサーに、
反対の端をベースシールドの空いている12Cスロットに差し込みます。
4. 3本目のケーブルの片方の端をLEDスティックに、
反対の端をベースシールドのD2スロットに差し込みます。
このLEDスティックは粒子汚染濃度の表示用です。
5. 4本目のケーブルの片方の端をもう一つのLEDスティックに、
反対の端をベースシールドのD3スロットに差し込みます。
このLEDスティックはガス汚染濃度の表示用です。
6. バッテリーをブースターに接続します。
7. ブースターをUSBケーブルを使ってArduinoと接続します。
8. ブースターの電源を入れ、装置を作動させます。
9. LEDスティックの青のローディングバーが消えたら準備完了です。
10. 装置の電源を切る時はブースターのスイッチをオフにしてください。

装置の配線図



ワークシート 04： データ収集

空気質モニタリング装置を使って学校敷地内6カ所の空気質データを収集します。

ガイド

1. 空気質モニタリング装置の電源がオンになっていることを確認してください。
2. 装置を測定場所に持っていきます。
3. センサーの読み取り値が安定するまで少なくとも1分待ってください。
* 各スティックのLEDライトが同じ数で止まっているかを確認してください。
4. 各スティックのLEDライト点灯個数を下のデータ収集表に記録してください。
5. すべての測定箇所の測定が終わるまで2~4を繰り返してください。

空気質	LEDライトの点灯個数
非常に悪い	10
	09
悪い	08
	07
中程度	06
	05
良い	04
	03
	02
非常に良い	01

データ収集

場所	粒子センサー(LEDライトの点灯個数)	ガスセンサー(LEDライトの点灯個数)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

ワークシート 05： データ分析

1. それぞれの場所の粒子汚染濃度を空気質指標を参照しながら
グラフ1に示してください。

2. それぞれの場所のガス汚染濃度を空気質指標を参照しながら
グラフ2に示してください。

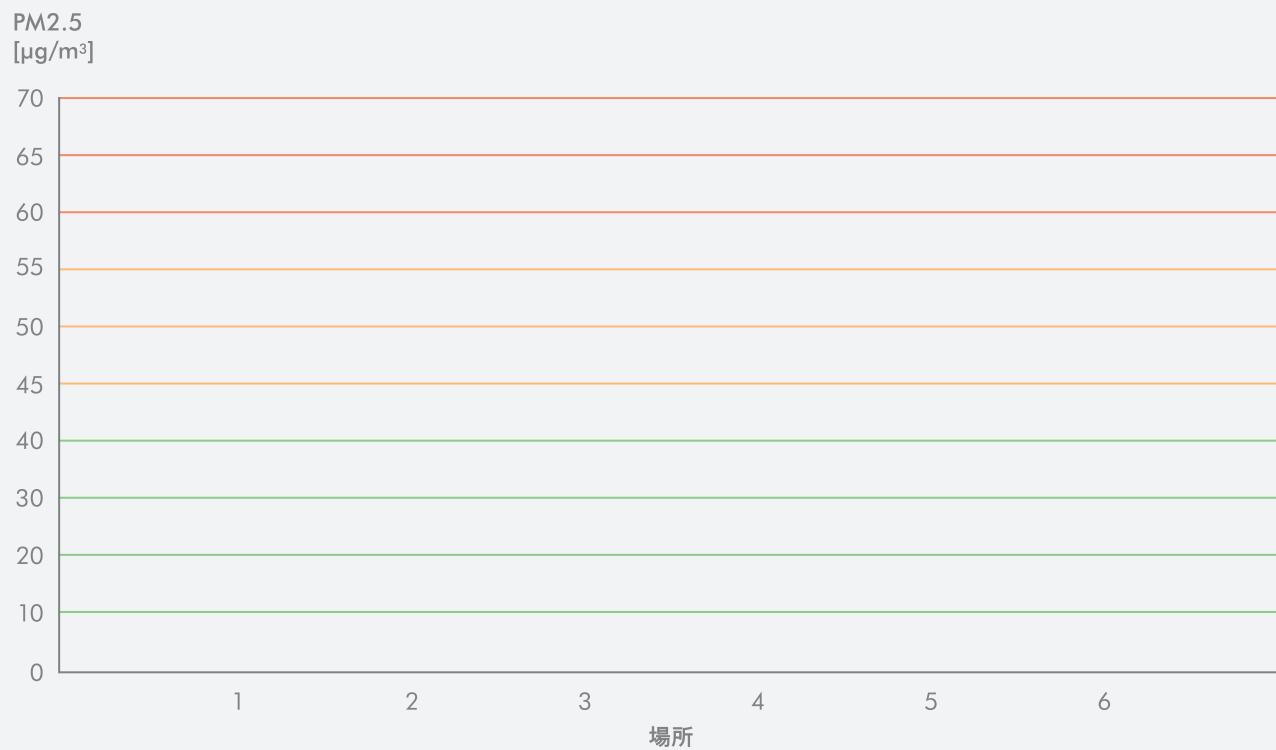
空気質指標

空気質	LEDライトの点灯個数	粒子($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^{*1}	ガス(ppb) ^{*2}
非常に悪い	10	70	5000
	09	65	4000
	08	60	3000
	07	55	2000
中程度	06	50	1000
	05	45	500
良い	04	40	400
	03	30	300
非常に良い	02	20	200
	01	10	100

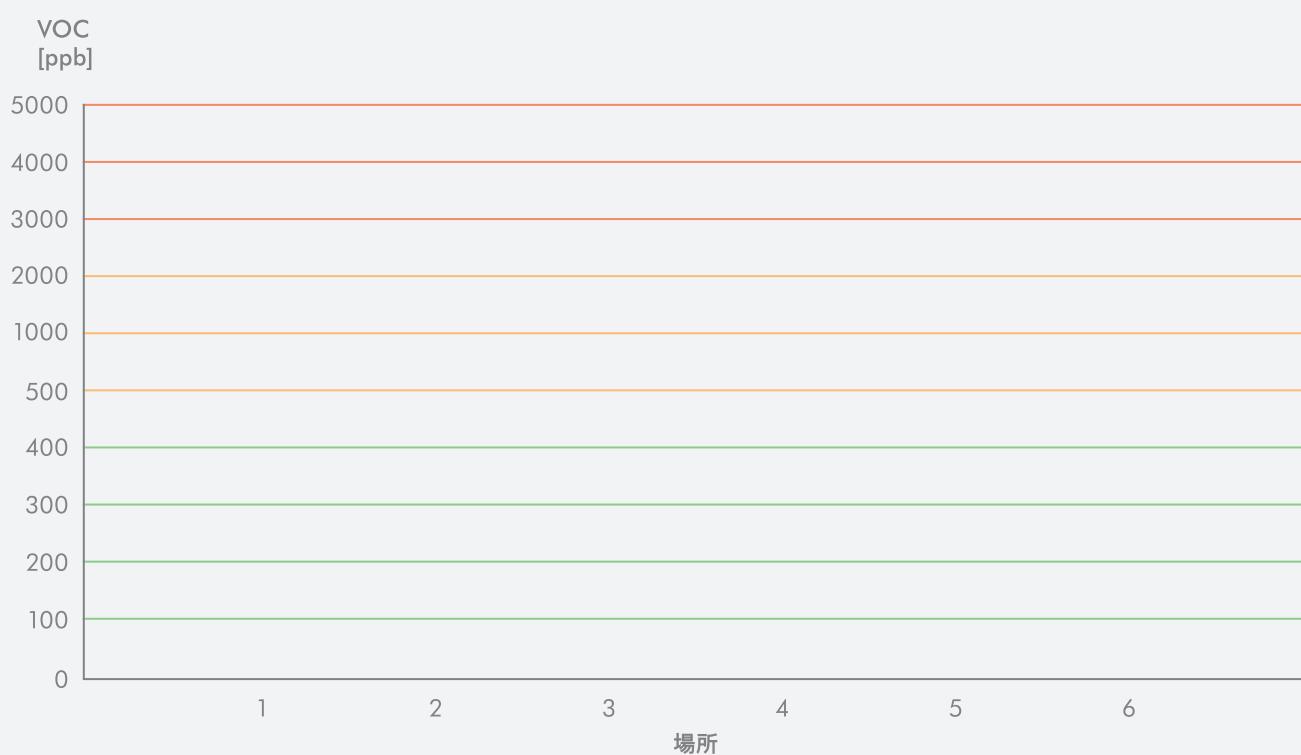
*1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = 空気1m³あたりの粒子汚染量(マイクログラム)

*2 (ppb) = 空気中の分子10億個に含まれる個数

グラフ01 - 粒子汚染



グラフ 02 - ガス汚染



4. グラフを見て、次の問い合わせに答えてください。

空気汚染度が最も高かったのはどの場所ですか？

その場所でよりひどかった汚染はガスと粒子どちらでしたか？

汚染の原因は何だと考えられますか？

空気汚染度は屋内から屋外へどのように変化しましたか？

意外に感じた結果はありましたか？

ワークシート 06： フィルターの設計

エンジニアには所定の仕様が事前に示されることがよくあります。それに基づきサイズ、コスト、性能などの各要素に取り組みます。以下のアクティビティを通じて、こうした仕様がDyson Purifier Cool™ 空気清浄ファンに用いるフィルターの設計にどのように影響を与えていたと考えられるか、検討してください。下の質問に対する答えは次の2ページに記録できます。

1. A4用紙を1枚用意し、平らな机の上に置いてください。この紙の表面積を計算します。Lは縦、Wは横です。右の図 01を参照してください。

2. 次にその紙を20mm間隔で横方向にひだ折りにします。

2枚目のA4用紙を取り、50mm間隔でひだ折りにします。

a. 平らな紙と比べ、ひだ折りにした2枚の紙の大きさについて、どんなことに気が付きますか？

b. 表面積がどう変わりましたか？

c. なぜこのことが重要ですか？

3. ひだ折りにした紙の表面積は次の式で計算できます。

Nはひだの数です。

$$\text{表面積} = N ((W \times L) \times 2)$$

a. ひだの高さが20mm、山と山の間隔が10mmの場合、210mm x 300mmのスペースで確保できる最大表面積はどのくらいですか？

ヒント：図 02を参考に、まず確保できるひだの合計数を計算してください。

b. A4用紙何枚分ですか？

c. エンジニアが、開発するフィルターの表面積をできるだけ大きくしようとするのはなぜだと思いますか？

d. フィルターの表面積を広げる際、スペース以外にどのような制約があると思いますか？なぜこのことが重要ですか？

図 01：表面積 = W × L

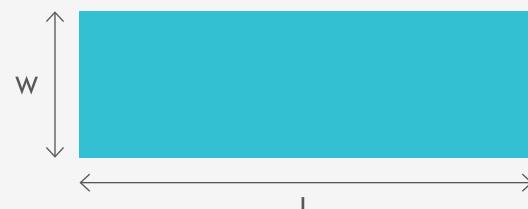
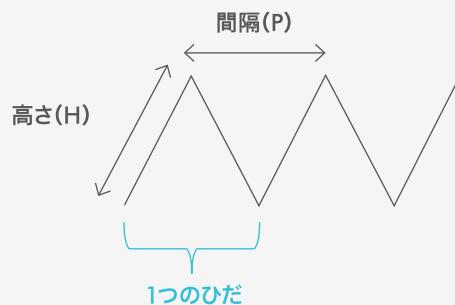


図02：表面積= N ((W x L) x 2)



2a. 平らな紙と比べ、ひだ折りにした2枚の紙の大きさについて、どんなことに気が付きますか？

2b. 表面積がどう変わりましたか？

2c. なぜそれが重要ですか？

3a. ひだの高さが20mm、山と山の間隔が10mmの場合、210mm x 300mmのスペースで確保できる最大表面積はどのくらいですか？

3b. A4用紙何枚分ですか？

3c. エンジニアが、開発するフィルターの表面積をできるだけ大きくしようとするのはなぜだと思いますか？

3d. フィルターの表面積を広げる際、スペース以外にどのような制約があると思いますか？なぜこのことが重要ですか？

ワークシート 07： 活性炭を 使った実験

このシートの手順に従い、食用着色料入りの水に活性炭を加えた場合の影響を観察してください。

素材

ガラスビーカー 2個

ガラス漏斗(小)

円形ろ紙

活性炭／粒状の炭

クランプスタンド

食用着色料

手順：

1. ビーカーにそれぞれAとBのラベルを貼ります。

2. ビーカーAに水100mlを注いでください。

3. ビーカーAに食用着色料を5滴加えます。ビーカーにたまつた水の色を記録してください。

4. 円形ろ紙を半分に折り、もう半分に折ります。ろ紙の口を1つ開け、漏斗型にしてガラス漏斗にのせてください。

5. ガラス漏斗を下にビーカーBを置いたクランプスタンドに取り付けます。

6. 粒状活性炭を10g量り(ティースプーン約3杯分)、漏斗の口に入れます。

7. ビーカーAの着色料入りの水を漏斗に注ぎます。水は活性炭の粒を通してながらビーカーBに注がれます。

8. この実験について次のページの問い合わせに答えてください。

1. 活性炭を通過させる前のビーカーAの食用着色料入りの水はどのような色でしたか？

2. 活性炭を通過した後のビーカーBの食用着色料入りの水はどのような色でしたか？

3. この実験で何が起きたのか説明してください。

4. なぜこれが起きたと思いますか？

サポートシート

授業 01

サポートシート

このサポートシートには空気汚染物質とその説明、発生源の正しい組み合わせをまとめています。

ワークシート 01：空気汚染物質とその発生源

PM10	粒径10μm以下。通常は鼻毛や粘液で捕らえられる大きさであるため、咳やくしゃみによって排出される。ただし、呼吸に影響し、健康に長期的な影響を及ぼすことがある。	発生源： - 黒煙 - 土壌 - 道路、建築現場からのちりホコリ - 花粉 - カビ胞子
PM2.5	粒径2.5μm以下。非常に小さく、電子顕微鏡を使ってのみ見ることができる。小さいがゆえに人体に本来備わっているバリア機能をすり抜け、肺に入り込む。	発生源： - バクテリア - 菌類 - 石炭・ガス・石油を動力源とする産業から排出される。
PM0.1	粒径0.1μm以下の超微粒子。超微粒子であるがゆえに肺組織をすり抜け、血流に入り込む。	発生源： - 車の排ガス - 木が燃えた煙 - タバコの煙
揮発性有機化合物(VOC)	毒性を有する場合のある気体または浮遊液体の総称。	発生源：* - タバコ - 塗料 - 洗剤 - アロマキャンドル - 家具用ツヤ出し剤
ホルムアルデヒド	特徴的な強いニオイと可燃性で知られる。	発生源：* - 大量生産による木材製品 - ニス - 塗料 - 接着剤

*全てに含まれているわけではありません。

二酸化窒素(NO ₂)	スモッグや酸性雨の原因となる強いニオイのある赤茶色のガス。	発生源： - ディーゼル車の排ガス - 火災 - 石炭工場 - 家庭用暖房
一酸化炭素(CO)	無味無臭、無色のガス。	発生源： - ガスや、まきを使用する暖房器具の不完全燃焼
二酸化硫黄(SO ₂)	火山から放出される強いニオイのある毒性ガス。	発生源： - 化石燃料の燃焼 - 火山 - 森林火災
地上オゾン(O ₃)	無色の刺激性ガス。地表で生成される。	発生源： - 二酸化窒素(NO ₂)と揮発性有機化合物(VOC)が太陽光と反応することによって生成される。

授業 02B

サポートシート

このサポートシートでは授業 02Bで行う空気質モニタリング装置製作に必要な部品類の準備について説明します。

動画「空気質モニタリング装置製作指導法」も用意しています。

以下を少なくとも授業の2日前にやっておく必要があります。

Arduinosを設定する

ガスセンサーを用意する*

それぞれの装置のバッテリーを充電する

*信頼できる測定を行うためには、センサー素子の化学変化のため、使用する少なくとも12時間前にガスセンサーの電源を入れておく必要があります。この化学反応は恒久的ですのでセンサーのコンディショニングは1度だけです。

Arduinoのプログラミング

必要なもの：

USBポートのある、インターネット接続ができるPC

Arduino IDE(統合開発環境)ソフトウェア：

<https://www.arduino.cc/en/main/software>

Arduinoコード。ジェームズ ダイソン財団ウェブサイトから入手できます。

Arduino Uno(要プログラミング)

USBケーブル type A to B

Arduinoのプログラミング手順：

1. Arduino IDEソフトウェアをインストールしてください。
ITチームやIT技術者のサポートが必要かもしれません。
2. デスクトップにフォルダーを新規作成し、「jdf_aqi」と名前をつけてください。
3. ジェームズ ダイソン財団ウェブサイトにアクセスし、「Engineering solutions : Air pollution(エンジニアリングソリューション：空気汚染)」セクションにある「Download Arduino code(Arduinoコードをダウンロードする)」をクリックしてください。「jdf_aqi.ino」という名前の付いたコードファイルをダウンロードできます。
4. ダウンロードしたら、デスクトップに新規作成したフォルダーにこのコードファイルを保存してから開いてください。Arduino IDEの中で開かれます。
5. Arduino IDEの中でツールをクリックし、ライブラリーを操作します。
6. 「HM3301」を検索し、「Grove – Laser PM2.5 Sensor HM3301 by Seeed Studio」を見つけてください。ドロップダウンメニューからバージョン1.0.0を選択し、インストールします。
7. 「SGP30」を検索し、「Adafruit SGP30 Sensor by Adafruit」を見つけてください。バージョン1.0.5を選択し、インストールします。
8. 「NeoPixel」を検索し、「Adafruit NeoPixel by Adafruit」を見つけてください。バージョン1.3.2を選択し、インストールします。
9. 「Tools(ツール)」「Port(ポート)」「COM (Arduino/Genuino Uno)」の順にクリックします。接続されているArduinoが自動的に表示されるはずです。「/dev/tty/arduino uno」と表示される場合もありますので注意してください。
10. 「Sketch(スケッチ)」をクリックし、続いて「Upload(アップロード)」(またはツールバーの右矢印ボタン)をクリックします。
11. 画面下のステータスバーに「Done Uploading(アップロード完了)」と表示されるまで待ってください。
12. ArduinoからUSBケーブルを取り外します。
13. すべてのArduinosについて手順7~12を繰り返してください。

授業 02B

サポートシート

ガスセンサーの準備とバッテリーの充電

必要なもの：

USBポート付きPC

USBハブ(オプション)

Arduino Unos(プログラミング済み)

Arduino Uno用Groveベースシールド

Groveユニバーサル4ピンパックル付きケーブル(20cm)-
Arduino1つにつき1本

USBケーブル type A to C - Arduino1つにつき1本

リチウムイオンバッテリー 3.7V 2000mAh - Arduino1つにつき1個

LiPo Rider Plus チャージャー/ブースター - 5V/2.4A

USB Type C - Arduino1つにつき1個

USBケーブル type A to B - Arduino1つにつき1本

ガスセンサーの準備とバッテリーの充電手順：

1. Arduinoにベースシールドを差し込んでください。
2. コネクターを使ってガスセンサーをベースシールドの空いている12Cポートに接続します。
3. USBケーブル type A to Bを使ってブースターをArduinoに接続します。
4. バッテリーをブースターに接続します。
5. USBケーブル A to Cを使ってブースターをUSBハブに接続します。USBハブを使用しない場合は、USBケーブル A to CをPCのUSBポートに差し込んでください。
6. LiPoブースターの電源を入れます。
7. すべてのキットについて手順1～6を繰り返してください。
8. USBハブを使用する場合はPCのUSBポートに差し込むと給電できます。
9. すべてのキットを差し込んだまま、少なくとも12時間、電源を入れた状態にしてください。USBハブを使用しない場合は、12時間ですべての準備を整えるために複数のPCにガスセンサーをつなげると良いでしょう。
10. 12時間経ったらLiPoブースターの電源をすべて切り、キットをすべて取り外してください。バッテリーが充電され、ガスセンサーが使用できる状態になっています。

授業 03

サポートシート

このサポートシートは次の授業の参考にしてください。

ワークシート 06：フィルターの設計

問い合わせ	ポイント	
2a	平らな紙と比べ、2枚のひだのある紙の大きさについて、どんなことに気が付きますか？	
2b	表面積がどう変わりましたか？	
2c	なぜこのことが重要ですか？ エンジニアが、開発するフィルターの表面積をできるだけ大きくしようとするのはなぜだと思いますか？	紙の縦横の長さの違いと、それが必要とするスペースにどう影響するか意見が挙がることがポイントです。 表面積は変わりません。それぞれの紙をもう一度平らにし、元のA4用紙の大きさに戻してみるとどう指示すると、さらに詳しく説明できます。 エンジニアがフィルターを設計する場合、ひだの数、山と山の間隔、山の高さをマシンのスペース上の制約に合わせて最適な状態にしようとします。平らな紙であればマシンの最終寸法は非常に大きくなります。ひだのある紙は厚みを必要としますが、サイズを小さくすることができます。フィルター開発チームはモーター、電子部品、デザインエンジニアなどのさまざまなチームと協力しながら、機能的で外観的にも美しい最終製品に仕上げるために一つひとつの要素の最適な組み合わせを考えていきます。 注：表面積が大きくなるとフィルターの圧力損失と前面風速が低下します。したがって、必要に応じてさらに詳しく説明してください。
3c	なぜこのことが重要ですか？ エンジニアが、開発するフィルターの表面積をできるだけ大きくしようとするのはなぜだと思いますか？	空気は空気清浄ファンに取り込まれ、フィルターを通過した後、モーターによって再び室内に送り出されます。空気にフィルターを通過させるにはエネルギーを必要とし、次第に粒子の詰まりが生じるため、同じ量の空気を通過させようとするとさらに多くのエネルギーが必要になります。これがモーターの騒音とエネルギー消費を上げる原因になります。フィルターの表面積をできるだけ大きくすると、ろ過媒体1単位あたりを通過する粒子の数が少くなります。これによってきれいな空気を室内に送り出すためのエネルギー消費と騒音を抑えられ、同時にモーターとフィルターの寿命も延ばすことができます。
3d	フィルターの表面積を広げる際、スペース以外にどのような制約があると思いますか？	ひだの山と山の間隔が小さいほど、ろ過媒体の表面積が大きくなります。ただしろ過媒体は高価な材料ですので、エンジニアは性能とコストのバランスを考え、高性能と採算性を両立させた最終製品を完成させる必要があります。