

### レッスンの焦点

このレッスンでは、大気汚染の検出に使用される装置に焦点を置きます。生徒はチームに分かれて、日用品を使って屋外大気汚染検出器を製作します。その後、検出器をテストして、粒子状汚染物質をどれくらい補集できるかを調べます。



### レッスンの概要

「汚染パトロール」では、技師が大気中の汚染物質の存在を検出できる装置を設計する方法について学習します。生徒は「技師」のチームに分かれて、日用品を使って屋外大気汚染検出器を設計および製作します。次に、製作した大気汚染検出器をテストして評価し、クラスで発表します。

### 年齢

8-18 才。

### 目的

生徒は以下のことを行います。

- ◆ 屋外大気汚染検出器を設計し、製作します。
- ◆ テストを行い、設計を修正します。
- ◆ 設計プロセスと結果を発表します。

### 習得内容

このレッスンで生徒は以下のことを行ったことになります。

- ◆ 屋外大気汚染検出器を設計および製作します。
- ◆ テストを行い、設計を修正します。
- ◆ 設計プロセスと結果を発表します。

### レッスン内容

このレッスンで、生徒は「技師」のチームに分かれて、日用品を使って屋外大気汚染検出器を設計および製作します。次に、製作した検出器をテストしてその能力を評価し、評価結果をクラスで発表します。

### リソース / 教材

- ◆ 教師用リソース文書(添付)
- ◆ 生徒用ワークシート(添付)
- ◆ 生徒用リソースシート(添付)

---

## 教科課程枠組みとの調整

添付されている教科課程の調整用シートをご覧ください。

---

## インターネットでの参照資料(英語)

- ◆ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ◆ Particulate Matter (<https://www.epa.gov/pm-pollution>)
- ◆ WHO Air Quality Guidelines ( <http://www.who.int/airpollution/en/>)

---

## 推奨文献(英語)

- ◆ 『Air Pollution』(ISBN: 9780761432203)
- ◆ 『Air Pollution: Measurement, Modelling and Mitigation』(ISBN: 978-0415479325)

---

## 任意の作文

- ◆ 地域の大気汚染を軽減できる方法について地元の政治家に手紙を書きます。



### 汚染パトロール

TryEngineering 所属 IEEE による作成 [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org)

© 2018 IEEE - All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

ページ 2/10





## 教師用：教師用リソース

### ◆ レッソンの目標

このレッスンの目標は、生徒が日用品から屋外大気汚染検出器を設計および製作することです。

### ◆ レッソンの目的

生徒は以下のことを行います。

- ◆ 屋外大気汚染検出器を設計し、製作します。
- ◆ テストを行い、設計を修正します。
- ◆ 設計プロセスと結果を発表します。

### ◆ 教材

- ◆ 工作用紙、段ボール、ラップ、ワックスペーパー、布、フェルト、コーヒーフィルター、索引カード、紙皿、紙コップ、はさみ、両面テープ、ワセリン、Karo シロップ(コーンシロップ)、ハンガー、ひも、定規、ハンドレンズ、グラフ用紙
- ◆ 利用可能な場合は顕微鏡またはデジタルカメラ(任意)

### ◆ 手順

1. まず、大気汚染の発生源、考えられる測定方法、また社会に対する影響について、生徒に知っていることを話してもらいます。技師が大気中のさまざまなタイプの汚染物質の存在を検出できる計器を設計していることについて話し合います。
2. 生徒に生徒用参照シートを数枚配ります。これらはクラスで読むか、または宿題として読むように事前に渡します。
3. 生徒を 2-3 人のグループに分け、1 グループに 1 セットの教材を渡します。
4. チームごとに粒子状大気汚染検出器を設計する必要があることを説明します。検出器は、5 cm x 5 cm 以上の平らな捕集エリアを備えている必要があります。また、風雨からある程度保護され、固定できなければなりません。
5. 生徒はチームごとに集まり、検出器の計画を立てます。各チームが、必要な材料についての意見をまとめ、計画を文書化し、その計画をクラスで発表します。
6. 次に、各グループが計画に基づいて製作を行います。計画の再考、他の材料の要求、他のチームとの間での材料の交換、または最初からのやり直しが必要になるかもしれません。
7. チームごとに、検出器を校内のさまざまな場所に設置します(スクールバスの近く、駐車場、運動場など)。
8. 生徒は、72 時間後に、検出器で捕集した粒子状物質をハンドレンズ(利用可能な場合は顕微鏡/デジタルカメラ)で調査します。
9. 生徒は、確認したさまざまなタイプのすべての粒子(ほこり、花粉、土など)について、サイズ、色、形、質感の点から記録し、説明する必要があります。
10. 次に、検出器の捕集エリアの上に、一辺 1 cm の正方形のマス目ができるようにひもを渡し、テープで固定します。5 つのマスをランダムに選んで粒子の数を数え、平均を取る必要があります。その後生徒は、クラスでテストしたさまざまな場所の結果を比較し、グラフにします。
11. これで生徒は、生徒は校内でテストしたさまざまな場所の大気質/大気汚染を評価する尺度を作成できます。
12. テスト終了後、各チームが評価/感想ワークシートに記入し、わかったことをクラスで発表します。
13. さらにデータ分析を行うために、このプロジェクトを年度を通じて実施することもできます。

### ◆ 所要時間

- ◆ 45 分のセッション 2 回または 3 回。

## 汚染パトロール



## 生徒用リソース:

### 大気汚染

#### ◆ 大気汚染

大気は生きるために必要です。私たちの周りの大気は、主に窒素(ちっそ)と酸素で構成されています。化学物質、天然物質、または粒子(りゅうし)など他の物質が大気に流れ込(こ)むことがあります。これは大気汚染(おせん)として知られています。大気汚染は、屋内と屋外の両方で発生します。その原因には自然発生的なもの(じんせい)と人為(じんい)的なものがあります。大気汚染は、人、動物、環境(かんきょう)にそれぞれ異なる影響(えいきょう)を与えます。

大気汚染は、さまざまな人間活動の結果として発生することがあります。

煙突(えんとつ)や車の排気(はいき)ガスからの汚染物質が空気中に放出されると、大気中で多くの問題につながる化学反応が発生します。

大気中の汚染物質がオゾンと結びつくと、スモッグが発生して、周囲がかすみ、人間の呼吸器に問題を引き起こします。スモッグは、特に大都市や工業地域でよく発生します。ロンドン、ロサンゼルス、メキシコシティ、南東アジアは、いずれもスモッグが大きな問題になっています。硫黄(いおう)などの汚染物質が大気中で水と混ざると、酸性雨が発生します。これによって雨や雪が酸性に大きく傾(かたむ)きます。雨や雪が酸性であることは環境にとって非常に有害で、結果的に植物、樹木、魚、動物を死に至らしめます。自動車、工場、暖炉(だんろ)、バーベキューでエネルギーとして燃料を燃やすと、細かい粒子が大気中に放出されます。これらの粒子による汚染は、粒子状物質汚染として知られています。

#### ◆ 粒子状物質

粒子(粒子状物質として知られています)が原因の汚染は、大気中の小さい粒子と液体が混ざることにより発生します。粒子状物質には、粗(そ)粒子と微(び)粒子の2つがあります。粗粒子は、直径が2.5ミクロンから10ミクロンです(人間の髪(かみ)の毛は直径約70ミクロンです)。これらには、煙(けむり)、ほこり、土、カビ、花粉などがあります。微粒子は、直径2.5ミクロン以下です。微粒子には、有毒化合物や重金属などがあります。

粒子状物質汚染、特に微粒子汚染は、それを吸い込んだ人体にとって非常に有害です。粒子状物質は、生態系をかく乱します。大気中の粒子は、空気がかすむ原因にもなります。大気中の粒子状物質の量は時期や気候によってさまざまです。たとえば、粒子状物質の量は、暖炉(まき)ストーブの使用が増える冬の方が高くなる場合があります。

粒子状物質汚染は、発生源によっても分類されます。一次粒子は、煙突、車のアイドリング、発電所などその発生源まで直接たどることができます。一方、二次粒子は、空気中の反応によって作られるので、たどっていくのは非常に困難です。





## 生徒用ワークシート(続き):

### ◆粒子状物質サンプラーとカウンター

粒子状物質サンプラーは、粒子状物質を捕集(ほしゅう)します。これを使用して、大気中の量を調べたり後で実験室で検査したりできます。粒子状物質サンプラーには、空気をガラス管が付いたフィルターに通して捕集するものがあります。サンプリングの前にフィルターの重さを計っておきます。フィルターで粒子を捕集した後、再度重さを量ります。粒子状物質の量は、フィルターで捕集された粒子状物質の重さとサンプリングした空気の使用量を使用して算出します。他に、フィルターテープ1巻を使って粒子状物質を捕集するタイプのサンプラーもあります。テープはサンプリングの前後に計量されます。

粒子カウンターと呼ばれる機器は、大気中の粒子を検出し、数を数えます。浮遊(ふゆう)粒子カウンターは、大気中の粒子の数を数え、サイズを測定します。遮光(しゃこう)粒子カウンターは、大気サンプルに光を通し、その光が粒子によってどの程度遮(さえぎ)られているかを測定する方法で、大気中の粒子の量を検出します。この方法が使用できるのは、1マイクロメートルより大きい粒子です。それより小さい粒子(.05マイクロメートルより大きいもの)は、光散乱法で検出できます。この方法では、大気サンプル中の粒子によって光がどの程度散乱されるかを測定します。大気サンプルに光を当てるために、レーザーを使用することもできます。この場合は、拡大または調査のために粒子状物質のシルエットをデジタルカメラでキャプチャできます。

### ◆大気質の評価

世界保健機関は、大気汚染が人体の健康に与える悪影響に基づいて大気質のガイドラインを確立しました。多くの国が、一定期間の特定の地域での大気質を評価する尺度を確立しています。これらの尺度は、大気中の汚染物質の密度に基づいて大気質を評価するものですが、地域によって、また評価対象の汚染物質のタイプによって、さまざまなものがあります。大気汚染が健康に悪影響を与える証拠(しょうこ)があるにもかかわらず、多くの国はいまだに大気質の監視(かんし)や評価を行っていません。

メキシコシティでは、メキシコシティ大気監視システム(SIMAT)で、都市圏(けん)大気質指標(IMECA)と呼ばれる評価システムを使用して、微粒子状物質、一酸化炭素、二酸化硫黄、二酸化窒素、オゾンなどの汚染物質の密度を測定しています。大気質の状態を評価し説明するために、5つのカテゴリについて「良好」から「非常に悪い」までで評価する、200点満点の尺度が使用されています。米国では、環境保護局が、同じ汚染物質の密度を調査して0から500の段階に格付けする大気質指標を使用しています。この尺度では、大気質を説明する6つのカテゴリについて「良好」から「有害」までの評価が行われます。香港(ほんこん)環境保護署も、大気中の汚染物質の密度に基づいて、5つのカテゴリについて「低」から「重大」までで評価する、500点満点の尺度を使用して、大気汚染を評価しています。2010年3月に中国南部で大きな砂嵐(あらし)が発生した後、香港の大気汚染は記録的なレベルに達しました(500を超(こ)えました)。



### 生徒用ワークシート:

◆ みなさんは技師のチームであり、学校の屋外に粒子状汚染物質が存在するかどうかを検出する装置を設計する課題を与られています。検出器は、5 cm x 5 cm 以上の平らな捕集エリアを備えている必要があります。また風雨からある程度保護され、(吹(ふ)き飛ばされないように)固定できなければなりません。

#### ◆ 計画段階

チーム内で、解決すべき問題について話し合います。次に、大気汚染検出器の設計に関する意見をまとめます。また、使用する材料を決めます。

以下の空欄(くうらん)に設計図を書きます。使う予定の各部品の説明と個数を必ず記入してください。その後、クラスでチームの設計を発表します。

クラスで意見を聞いた後、チームの計画を見直すこともできます。



設計:



## 生徒用ワークシート(続き):

### ◆ 製作段階

大気汚染検出器を製作します。製作中、材料がさらに必要になるかどうか、および、設計を見直す必要があるかどうか、を判断します。材料の追加や設計の見直しは可能です。その場合は、新しい略図を作成し、材料表を修正します。

### ◆ テスト段階

チームごとに、校内のさまざまな場所に大気汚染検出器を設置してテストします。72 時間後に、検出器が粒子を捕集しているかどうかを確認します。ハンド レンズ、顕微鏡(けんびきょう)、またはデジタル カメラを使用して、捕集した粒子を調べます。確認したさまざまなタイプの粒子(ほこり、花粉、土など)を、そのサイズ、色、形、質感と共に記録します。

検出器の捕集エリアの上に、一辺 1 cm の正方形のマス目ができるようにひもを渡し、テープで固定します。5 つのマスをランダムに選んで粒子の数を数えます。多すぎて数えられない場合は、およその数を出します。マスあたりの粒子の平均数を計算します。クラスでテストしたさまざまな場所の結果を比較(ひかく)し、グラフにします。校内でテストしたさまざまな場所の大気質/大気汚染を評価する尺度を作成します。

### ◆ 評価段階

チームの結果を評価し、評価ワークシートに記入し、わかったことをクラスで発表します。

このワークシートを使用して、「汚染パトロール」でのチームの結果を評価します。

1. 大気中の粒子の存在を検出できる大気汚染検出器を作成できましたか? そうでない場合、その理由は何ですか?
2. 製作段階で、元の設計を見直したり追加の材料を要求したりしましたか? その理由は何ですか?
3. 他のチームとの間で材料交換(こうかん)の交渉(こうしょう)をしましたか? そのプロセスは自分のチームに対してどのような効果をもたらしましたか?

**生徒用ワークシート(続き):**

4. 仮に支給された材料以外の材料を入手できたとしたら、チームで何を要求しましたか? その理由は何ですか?
  
5. 技師は製作段階で元の設計を修正する必要があると思いますか? 修正する必要があると思う場合、その理由は何ですか?
  
6. もう一度最初からやり直すとしたら、設計をどのように変更(へんこう)しますか? その理由は何ですか?
  
7. 他のチームが試した設計や手法のうち、成功したと思うものは何ですか?
  
8. 仮に自分 1 人で作業したとしたら、この課題をもっと簡単に完了できたと思いますか? そう思う場合は、具体的に説明してください。
  
9. 一番多かった粒子状物質汚染物質の種類は何ですか? その理由は何だと思いますか?
  
10. 学校周辺の粒子状物質汚染を軽減するためにどんなことができると思いますか?



**教師用:****教科課程枠組みとの調整**

注意:このシリーズにおけるすべてのレッスン プランは、全米教育評議会により設定された全米科学教育基準に準じ、科学教育者協会により推奨され、また該当する場合には国際技術教育学会による技術能力基準または国立数学教師評議会による学校数学の目標と規準に準じるものです。

**◆全米科学教育基準 学年 K-4 (年齢 4-9 才)****教材基準 A: 疑問としての科学**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 科学的な質問をするために必要な能力

**教材基準 D: 地球科学および宇宙科学**

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ◆ 地球と天空の変化

**教材基準 E: 科学技術**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 技術設計能力
- ◆ 科学技術についての理解

**教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学**

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ◆ 個人の健康
- ◆ 環境の変化
- ◆ 地域レベルの課題に対する科学技術

**◆全米科学教育基準 学年 5-8 (年齢 10-14 才)****教材基準 A: 疑問としての科学**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 科学的な質問をするために必要な能力

**教材基準 E: 科学技術**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 技術設計能力
- ◆ 科学技術についての理解

**教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学**

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ◆ 個人の健康
- ◆ 人口、資源、および環境
- ◆ 社会における科学技術

**◆全米科学教育基準 学年 9-12 (年齢 14-18 才)****教材基準 A: 疑問としての科学**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 科学的な質問をするために必要な能力

**教材基準 E: 科学技術**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 技術設計能力
- ◆ 科学技術についての理解

## 教師用:

## 教科課程枠組みとの調整(続き)

## 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習で生徒は以下についての理解を深めます。

- ◆ 個人および地域社会の健康
- ◆ 環境基準
- ◆ 自然災害と人為災害
- ◆ 地域、国、世界レベルの課題に対する科学技術

## ◆ 学校数学の目標と基準

## 数値と演算に関する基準

- 未就園児から 12 学年までの教育プログラムにより、生徒全員は以下を習得します。
  - ◆ すらすらと計算し、適切な推定を行います。

## 測定基準

- 未就園児から 12 学年までの教育プログラムにより、生徒全員は以下を習得します。
  - ◆ 適切な技術、ツール、式を使って測定値を決定します。

## データ分析と可能性の基準

- 未就園児から 12 学年までの教育プログラムにより、生徒全員は以下を習得します。
  - ◆ データにより提示できる質問を挙げ、それに答える適切な情報の収集、整理、提示を行います。
  - ◆ データ分析に適した統計的手法を選択して使用します。
  - ◆ データに基づいた推論と予測を確立して評価します。

## 処理基準(表現)

- 未就園児から 12 学年までの教育プログラムにより、生徒全員は以下を習得します。
  - ◆ 数学的思考を整理し記録し伝えるための表現を生み出し使用します。
  - ◆ 物理的、社会的、数学的現象をモデル化して説明するための表現を使用します。

## ◆ 技術能力の基準 - 全年齢層

## 設計

- ◆ 基準 8: 生徒は設計の特質についての理解を養います。
- ◆ 基準 9: 生徒は技術設計についての理解を養います。
- ◆ 基準 10: 生徒はトラブルシューティング、研究開発、発明と革新、および問題解決における実験の役割についての理解を養います。