

「自然・生命」 に着目したプログラム



私たちは、豊かな自然の中で生活しています。一方で、環境の変化により、自然界にごく普通に見られた動植物の減少などが心配されているのも事実です。この私たちの身の回りにある自然と、そこに生活する生物やそれらを取り巻く環境を調べることは、自然と人間の関わり合いを考えるよい機会となります。

ここに紹介するのは、身の回りの生物や水・大気・土などの調査を通して、自然を守り育てること、生命がかけがえのないものであることなどを考えるプログラムです。

自他の生命を尊重し、自然環境を保全するために、日常生活で何ができるか自ら考え実践できる生徒を育てていきましょう。

目 次

タイトル	頁	特に関連の深い教科等			
		社会	理科	技家	産業
身近な緑のよさを考えよう	42	○	○		
水辺の自然を調べよう	48	○	○		
田んぼの生きものミクロたんけん	53		○		
簡易ビオトープによる環境調査	57		○		
絶滅のおそれのある野生生物について考えよう	61		○		
資料：守りたい！ミヤコタナゴのすむ環境	67		○		
日本タンポポと外来タンポポを探そう	70		○		
資料：外来種（外来生物）とは	73		○		
水生生物を用いた水質調査	74		○		
河川の水質調査	79		○		
酸性雨とその発生するメカニズムを調べよう	83	○	○		
大気の汚れを調べよう	87		○		
資料：大気汚染の状況	91		○		
資料：大気汚染の植物への影響	92		○		
二酸化窒素の濃度を測定しよう	94		○		
「土」を調べよう ～黒土と赤土～	100		○		○
「土」を調べよう ～気相率～	103		○		○
土壌中の小動物を調べよう	106		○		○
土壌微生物によるタンパク質の分解	110		○		○
資料：環境にやさしい農業への取り組み	113	○	○		○
宇宙船地球号	115	○	○		
資料：エコロジカル・フットプリントについて	119	○	○		

表の見方について

○環境学習は、全ての教育活動の中で展開されるものです。ここに示されていない教科、道徳、特別活動、総合的な学習の時間、高等学校における課題研究などで扱うことも十分想定されます。したがって、この表は、あくまでも各プログラムが主にどの教科で活用できるかを一覧にしたものです。また、各プログラムには、「教科に見る活用場面」という項目がありますが、ここでは、各教科の分野や科目の視点から活用場면을例示してあります。

○表中の略称は、次のような教科等を指しています。

「社会」：中学校社会，高等学校地理歴史・公民

「理科」：中学校理科，高等学校理科

「技家」：中学校技術・家庭，高等学校家庭

「産業」：高等学校農業，水産，工業，商業，家庭等の当該科目及び課題研究等

身近な緑のよさを考えよう

時期 4～10月

時間 2時間

場所 校外, 教室

- 私たちの住んでいる地域には、どのような緑の環境があるか調べる。
- 緑の環境が私たちに与えている役割や地域の森林や里地里山の保全を考える。

ねらい

- ・私たちの身近な環境の中の緑を調査し、身近な緑の存在に気付かせ、環境についての授業の導入として興味・関心を高めさせる。
- ・地域の人々が森林や里地里山をどのように利用し、維持・管理してきたか調べ、これからの地域の環境保全に関する自分たちの考えをまとめさせる。

教科に見る活用場面

- ・ 中学校 社会（地理的分野） 「身近な地域の調査」
理科（第1学年） 「植物の生活と種類」
（第3学年） 「自然と人間」
- ・ 高等学校 理科（生物基礎） 「生物の多様性と生態系」
地理歴史（地理） 「地形図」
公民（現代社会） 「環境問題」

活動の内容

- (1) 各班で学校周辺の調査地点を選ぶ。
- (2) ワークシート①のグリーンマップの作成に当たり、事前に目安になる建物や道路を書き入れておく。
- (3) 選んだ地点の調査を行い、緑の状況や観察できた土壌や昆虫などの様子をワークシート①に記入し、グリーンマップを完成させる。

準備するもの

- ・ 周辺の地図（拡大したもの）
- ・ デジタルカメラ



グリーンマップの作成例

- (4) (3)で調べた緑の種類や利用の目的について調べ、これからの地域環境保全についてワークシート②にまとめる。特に、森林や里地里山があるときは、その維持・管理はどのようにしているか調査する。
- (5) 各班の調査結果や収集した情報を発表し、それぞれの班のワークシートを周辺の地図にあわせてみることで、場所による比較考察を行い、理解を深める。



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・ 野外調査は、授業時間の中で実施する方法だけでなく、休日などを利用した学習課題として取り組ませることも有効である。
- ・ 調査地域の中で危険な場所を事前にチェックしておく。
- ・ 私有地などに立ち入る必要がある場合は、相手の許可をとらせる。
- ・ グリーンマップの作成に際して、緑の種類をあらわす記号を工夫し、まとめさせる。
- ・ 関連プログラムとして、「土壌中の小動物を調べよう」(p106)がある。



草花・花壇	広葉樹	針葉樹	雑草
果樹	野菜	水田	生垣
竹林	広葉樹林	針葉樹林	芝生

緑の種類をあらわす記号の例

○参考資料

【栃木県の森林】

栃木県の平地には、コナラ、クヌギ、クリなどの落葉広葉樹を主体とし、そこに常緑針葉樹のアカツギが混じる林が多く見られる。かつて、これらの樹木は薪炭やシイタケの原木などに用いられ、落ち葉は堆肥づくりにかかせないものだった。

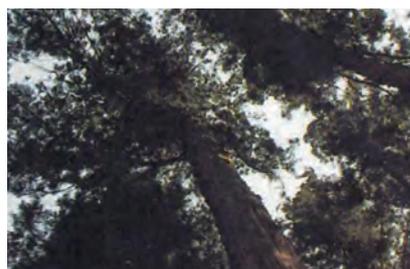
針葉樹であるスギ、ヒノキは、建材などとして利用価値が高いため、植林事業が進められてきた。広葉樹を中心とした平地林と比べると、樹木が整然と生育し、人の手が入っている様子がうかがえる。平地、あるいは丘陵地だけでなく、山地にも植林されている。



クヌギ、クリの林



スギ、ヒノキの林



社寺にあるスギなどの巨樹

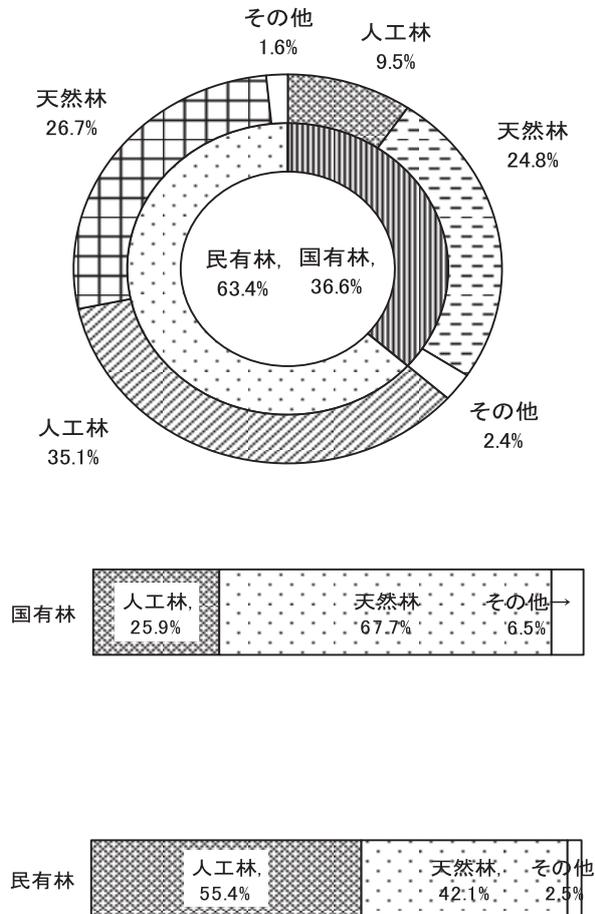
平成24年版栃木県森林・林業統計書によると、栃木県の林野面積は、県土面積（6408km²）の約2分の1強であり、そのうちの半分弱が人工林である。

＜所有林・人天別林野面積・蓄積＞

区分		面積(ha)	
		面積(ha)	構成比(%)
国有林	人工林	32,990	9.5%
	天然林	86,331	24.8%
	その他	8,250	2.4%
	総計	127,570	36.6%
私有林	人工林	122,453	35.1%
	天然林	93,047	26.7%
	その他	5,638	1.6%
	総計	221,138	63.4%
総計	人工林	155,442	44.6%
	天然林	179,378	51.4%
	その他	13,888	4.0%
	総計	348,708	100.0%



林野面積構成比



「平成24年版 栃木県森林・林業統計書」(栃木県)より作成

【里地里山】

里地里山とは、原始的な自然と都市との中間に位置し、集落とそれを取り巻く二次林（原生林が伐採や災害などによって破壊された後、自然に、または人為的に再生した森林）、それらと混在する農地、ため池、草原などで構成される地域です。農林業などに伴うさまざまな人間の働きかけを通じて環境が形成・維持されてきました。里地里山は、特有の生物の生息・生育環境として、また、食料や木材など自然資源の供給、良好な景観、文化の伝承の観点からも重要な地域です。

しかし、里地里山の多くは人口の減少や高齢化の進行、産業構造の変化により、里山林や野草地などの利用を通じた自然資源の循環が少なくなることで、大きな環境変化を受け、里地里山における生物多様性は、質と量の両面から劣化が懸念されています。

里地里山保全活動の取組の参考とするため、持続可能な資源利用に関する全国の特徴的な取組事例を収集、分析し、幅広く情報発信を行っています。さらに、伝統的な里地里山の利用・管理手法の再評価、保全活用につながる新たな利活用手法の導入、都市住民や企業など多様な主体の参加促進方策などの視点について検討を行い、地域の活動にとって必要な助言や技術的なノウハウの提供を行うことにより、全国的な里地里山の保全活用を促進しています。

(環境省Webページ「里地里山の保全・活用」より引用)



茂木町棚田の田植え

○発展学習

- ・緑の利用や保全に関する情報収集については、書物やインターネットの活用のほかに、所有者や管理者にインタビューする方法もある。インタビューの際には、十分に事前学習・事前準備を行い、聴取したい情報に関する質問を簡潔にまとめておくことが大切であり、マナーであることを指導する必要がある。
- ・都市と郊外、農村など、いくつかの地点を調査することにより、それぞれの緑の種類や数、さらにその役割も異なっていることを考えさせる。
- ・発表やまとめは、校内で実施するのが一般的だが、保護者や地域の方を交えた場を設定したり、学校のWebページ上で発信するなど、広がりのある展開を工夫できる。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「環境省へようこそ！」 環境省 <http://www.env.go.jp/>
- ・「生物多様性センター（環境省 自然環境局）」 環境省 <http://www.biodic.go.jp/>
- ・「自然環境保全基礎調査 植生調査情報提供ホームページ」 環境省 <http://www.vegetation.jp/>
- ・「インターネット自然研究所」 環境省 <http://www.sizenken.biodic.go.jp/>
- ・「栃木県／栃木県森林・林業統計書について」 栃木県

<http://www.pref.tochigi.lg.jp/d08/eco/shinrin/zenpan/20100331s.html>

①緑のよさを考えよう

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

調査地点	
------	--



<調査地のグリーンマップ>

※観察の様子（植物や昆虫の種類，土壌の様子など）を細かくメモとして書き入れる。
 ※緑の種類については記号などを上手く使って記入する。
 ※写真などが用意できれば添付する。手書きの絵でもよい。

②緑のよさを考えよう

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--



<調査内容のまとめ（調査地点について）>

- ① どんな植物だったか？

- ② 土壌の様子や日当たりはどうだったか？

- ③ 昆虫などその他発見があったか？

- ④ 緑の管理はどのようになされているか？人の手がどの程度加わっているか？

- ⑤ 調査地点の緑の役割はどのようなものか？将来の地域の緑の保全について自分たちの考えは？

- ⑥ 調べてみて、気付いたことや疑問に思ったこと、わからなかったことは何か？

- ⑦ 他の班の発表に関する感想は？

水辺の自然を調べよう

時期 春～秋

時間 4時間

場所 学校近くの川

- 身近な川やその周辺に、どのような自然があるかを調べる。
- 身近な川やその周辺の特徴をつかみ、そのような特徴である理由や背景を考える。

ねらい

- ・川やその周辺の自然度調査を行い、川の特徴をまとめるとともに、そのような特徴である理由や背景について考察させることで、自然環境と人々の生活との関連性を理解させる。



教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「自然と人間」
社会（地理的分野） 「身近な地域の調査」
- ・高等学校 理科（生物） 「生態系と環境」
地理歴史（地理B） 「自然環境」

活動の内容

- (1) 調査する川を決め、自然度調査のガイダンスを受ける。
 - ・調査のポイントと調査項目を確認する。
 - ・自然を傷つけないために注意することを話し合う。
 - ・安全に調査するために注意することを話し合う。
- (2) ワークシート①を用いて、調査地点ごとに3名程度のグループに分かれ、自然度調査をする。その際、調査地点で見られた生物や周辺の様子を、デジタルカメラなどで記録しておく。
- (3) ワークシート②を用いて、調査した川の特徴をまとめ、そのような特徴である理由や背景を考える。意見を出し合い、グループの意見としてまとめる。
- (4) (3)について、グループごとに発表する。学習したことを、クラス全体で共有する。

準備するもの

- ・カメラ ・長そでシャツ
- ・長ズボン ・長ぐつ ・軍手

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・この活動は、調査した川がどの程度自然が豊かなのか、おおまかに知るためのものである。詳しい調査については、環境省、日本自然保護協会、河川財団などのWebページを参照する。
- ・指導者は、活動する川の事前調査を行う。その際は、危険箇所があるかどうか、適切な調査場所であるかどうかを確認しておく。
- ・グループの分け方は、川の上流・中流・下流などで分ける方法がある。生徒や川の実態に応じて、グループを編成する。
- ・関連プログラムとして、「身近な河川と私たちの暮らし」(p.7)「水生生物を用いた水質調査」(p.74)「河川の水質調査」(p.79)がある。

プログラムの作成において参考としたWebサイト

○「水辺のすこやかさ指標」 環境省 <http://www.env.go.jp/water/wsi/>

○「自然しらべ」(公財)日本自然保護協会 http://www.nacsj.or.jp/project/ss_top.html

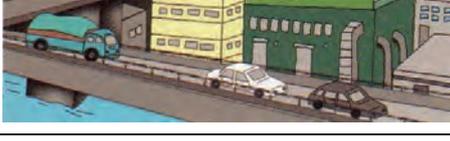
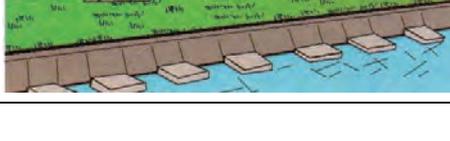
○「子どもの水辺サポートセンター」(公財)河川財団 <http://www.mizube-support-center.org/link/children.html>

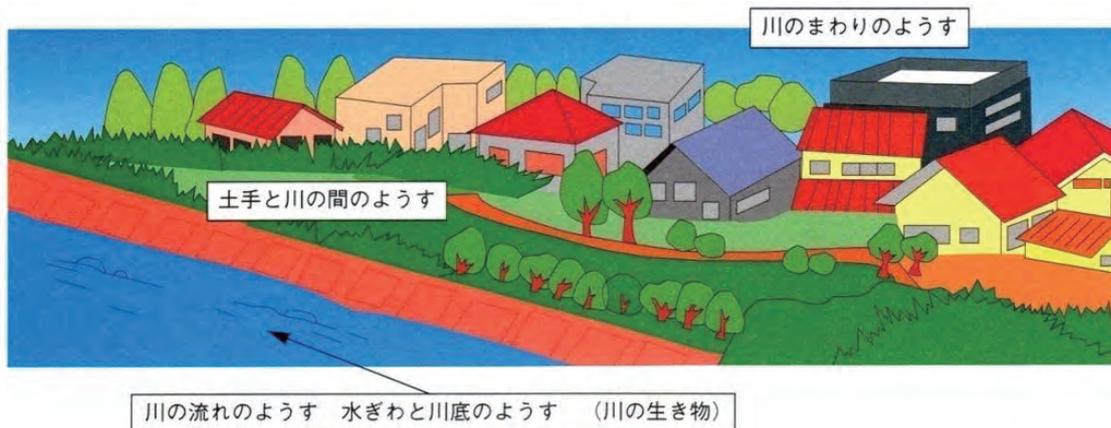
①水辺の自然を調べよう（自然度調査）

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏 名	
場 所	() 川	上流域 ・ 中流域 ・ 下流域	() 地区	



調査地点にどのくらい自然が残されているか、次の(1)～(4)の項目についてチェックしよう。
 (当てはまる数字を○で囲もう。合計した数字が大きいほど、自然が残っていることを示している。)

	水辺のようす	特 徴	
(1) 川のまわりのようす		川のまわりは、林、草地、ヨシ原、田畑などで、人家は少ない。	3
		田畑か人家がまざっている。	2
		川のすぐ近くまで人家がきている。	1
		人家や工場が密集している。	0
(2) 土手と川の間のようす		川の流れのそばや河川敷の中に、草地だけでなく、林がある。ほとんどが自然のまま、人の利用はあまりない。	3
		背丈の高いヨモギやヨシもふくめ、自然の草地の割合が多い。林は見られない。運動公園やゴルフ場などに利用されている割合は3分の1以下である。	2
		自然の草地はあるが、まばらである。運動公園やゴルフ場の割合は3分の1以上である。	1
		ほとんどが公園やゴルフ場である。あるいは、砂利をとったり工事が行われたりしている。	0



	水辺のようす	特 徴	
(3) 川の流れのようす		川原の中を蛇行して流れていて、中洲や川原の中に池がある。上流や中洲の場合は、瀬や淵があり、水の流れる分岐がある。	3
		中洲や分岐は少ないが、川原の中を蛇行して流れている。上流や中流の場合は、瀬や淵は見られるが、分岐は見られない。	2
		砂や石がたまるところや、その上に生えた草地はあるが、川はほとんどまっすぐに流れている。	1
		砂や石のたまる場所もなく、排水路のように流れている。	0
(4) 水ぎわと川底のようす		石や砂が自然のままの状態。流れが強いと石や砂が運ばれる。水ぎわは、自然の植生におおわれていたり、自然の岩や土の崖になっている場合もある。	3
		水ぎわは人の手によって石が積まれたりしているが、コンクリートなどで固められていない。場合によっては石積みも植物で覆われ、川底は自然に近い状態。	2
		水ぎわはコンクリートで固められているが、川底は人手が加わっていても固められてはいない。	1
		水ぎわも川底もコンクリートで固められている。	0

②水辺の自然を調べよう



実施日	年 月 日()	年 組 番	氏 名	
場 所	()川	上流域	・ 中流域	・ 下流域
	()地区			

ワークシート1の自然度調査の結果… / 12

調査結果のまとめ

写真に記録した調査地点のようすや生き物など、その特徴をまとめよう。

調査結果から

調査した川がそのような特徴である理由や背景を考えてみよう。意見を出し合い、グループの意見としてまとめよう。

身近な川の様子（例）

生徒用資料

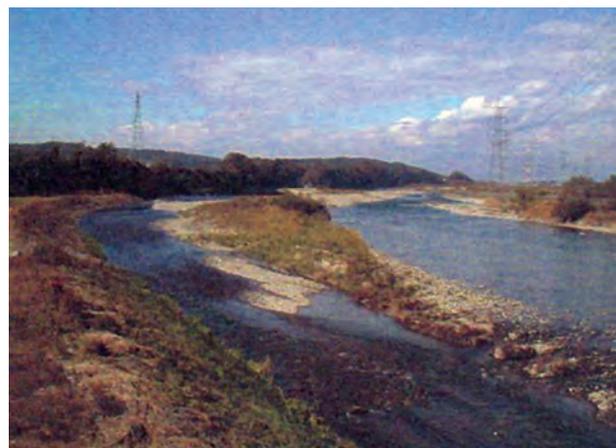
栃木県内には、那珂川、鬼怒川、渡良瀬川などの大きな河川やその支流がある。上流域には国立公園内の河川も多く、自然環境の保全を考える際に参考となる水辺の環境がある。一方、中流域や支流である川幅の狭い河川は、私たちの生活や産業活動の場となっている。こうした河川では、人と水辺の自然の関係性について調べることができる。



那珂川（那須塩原市）



鬼怒川（日光市）



ほうき
簪川（那珂川町）



渡良瀬川（足利市）



草川（さくら市）



田川（宇都宮市）



自分たちの身近な河川とその周辺の様子を写真に記録してみよう。

田んぼの生きものマイクロたんけん

時期 5～6月

時間 2時間～

場所 水田, 実験室

○水田とその周辺で様々な生きものを採集し、生物の多様性を観察する。

ねらい

・地上に生育・生息する生物は、多様な生物のごく一部である。身近でありながら地上とは大きく異なる環境である水中の小動物、微生物を観察することにより、生物の多様性を実感する。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科 (第3学年) 「自然と人間」
- ・高等学校 理科 (生物基礎) 「生物の多様性と生態系」
理科 (生物) 「生物と環境」

活動の内容

- (1) バットに水を入れる。
- (2) 目の細かい網で水田の水をすくい、バットの水で網を洗いながら微生物をバットに放す。これを何度も繰り返す。
- (3) バットの水をキャップ付き容器に移して、実験室へ運ぶ。
- (4) キャップ付き容器は、静かに置いておく。
- (5) ピペットあるいはピンセットを用いて、容器内の微生物を採取し、顕微鏡で観察する。

準備するもの

- ・バット ・キャップ付き容器
- ・網 ・ピペット ・ピンセット
- ・実体顕微鏡 ・顕微鏡
- ・顕微鏡観察セット

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

水田における採取にあたっては、水田の所有者の許可を得るとともに、水田に入って稲を傷めたり、^{あぜ}畦を壊したりしないよう十分に注意する。

○参考資料

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・一瀬 諭・若林 徹哉監修 「やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック」 合同出版株式会社 (2005)

○発展学習

水田の生物の多様性は、水田の管理法、肥料や農薬の使い方によって大きく変わってくる。農家への聞き取り調査などをあわせて行くと、環境への理解がより深まる。

○活動場所や材料の情報

時期によって、観察できる生物には違いがある。同一地域同時期でも、田植えの時期によって観察できる生物が異なるので、稲の生育具合を目安にして複数の水田で採集すると、多様な生物を観察することができる。

○協力が得られる機関

栃木県立博物館 Tel: 028-634-1311 (代表)

○ワークシートの解答

水中の生物が陸上よりも多様性に富むのは、まず、生命が水中で生まれたこと、また、陸上へ進出するためには、乾燥などへの適応が必要になり、一部の生物しか適応できなかったことなどがある。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

やさしい日本の淡水プランクトン電子図鑑 滋賀の理科教材研究委員会
<http://www.ds-j.com/nature/science/plankton/>

田んぼの生きものマイクロたんけん

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

○参考資料をもとに、観察した生物の種類を調べて、簡単にスケッチしてみよう。観察した生物の私たちと同じところは何だろう。違うところは何だろう。



種類（名前） _____

	同じところ (例) 眼がある	違うところ (例) 葉緑体がある

種類（名前） _____

	同じところ	違うところ

種類（名前） _____

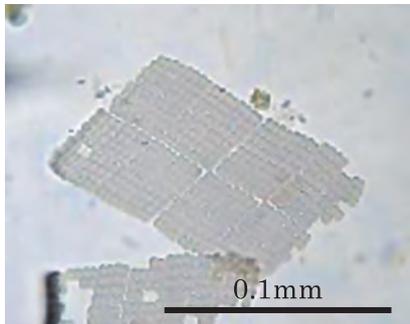
	同じところ	違うところ

○田んぼの生物の多様性が高いのはなぜだろう。

田んぼの生きものいろいろ

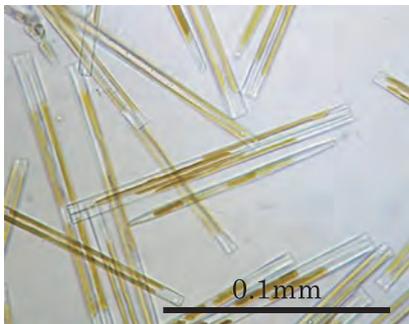


ラン藻類 (シアノバクテリア)



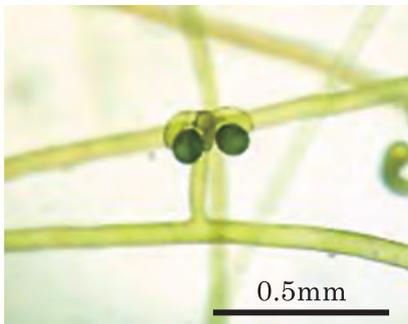
メリスモペディア

不等毛植物/ケイソウ類



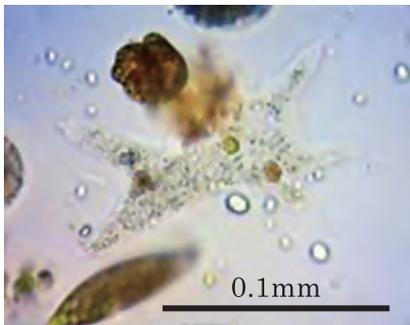
ハリケイソウ

不等毛植物/黄緑藻類



フシナシミドロ

アメーバ動物



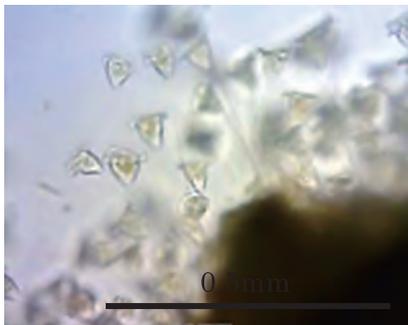
アメーバ

繊毛虫類



ミドリゾウリムシ

繊毛虫類



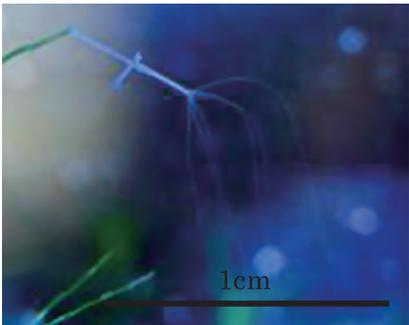
ツリガネムシ

ミドリムシ植物



ミドリムシ

刺胞動物



ヒドラ

腹毛動物



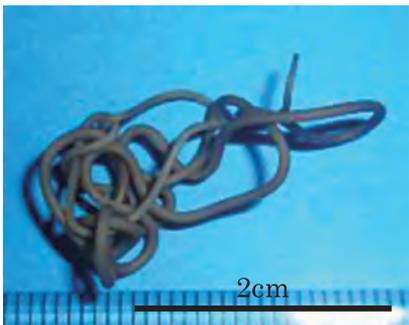
イタチムシ

輪形動物



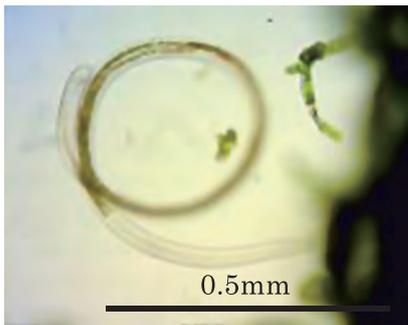
ハナフサワムシ

類線形動物



ハリガネムシ

線形動物



センチュウ

軟体動物／マキガイ類



ヒメモノアラガイ (左) と
サカマキガイ (右)

環形動物／貧毛類



エラミミズ

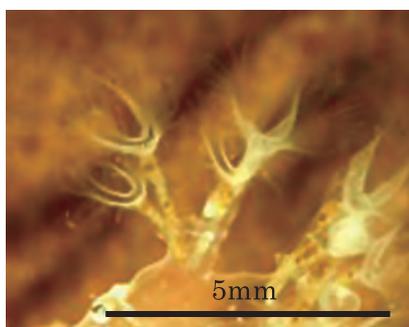
環形動物／ヒル類



シマイシビル

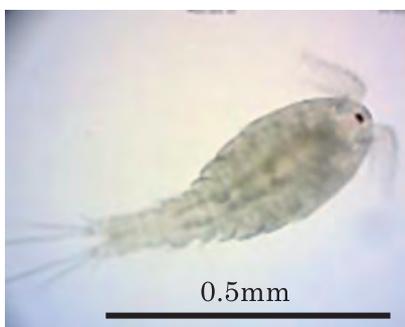


外肛動物



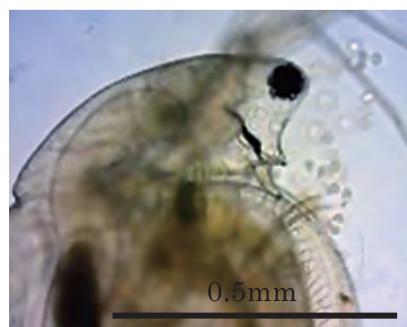
コケムシ

節足動物／ケンミジンコ類



ケンミジンコ

節足動物／ミジンコ類



オカメミジンコ

節足動物／カイミジンコ類



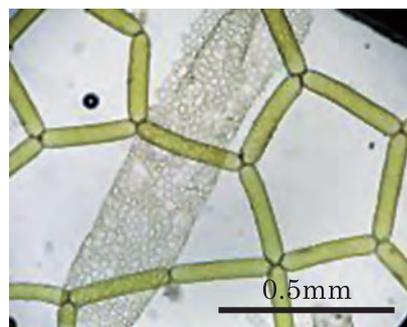
カイミジンコ

節足動物／昆虫類



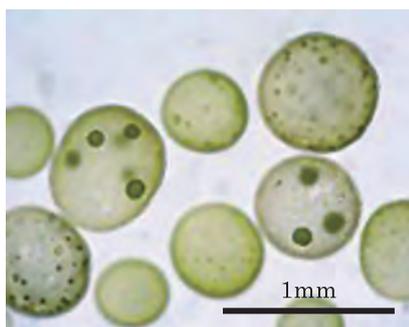
コガムシ (幼虫)

緑色植物／緑藻類



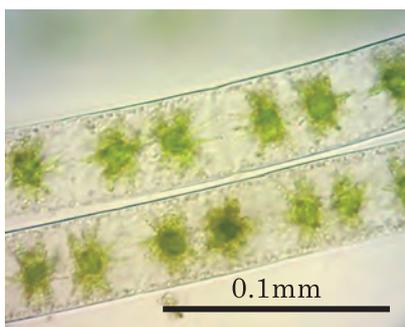
アミミドロ

緑色植物／緑藻類



ボルボックス

緑色植物／シャジクモ藻類



ホシミドロ

緑色植物／シャジクモ藻類



ツヅミモ

簡易ビオトープによる環境調査

時期 4月から6月

時間 4時間～

場所 校内・学校周辺

- 簡易ビオトープを使って生物がすめる環境をつくり、そこにくる生物を観察する。
- 集まった生物の種類などから、地域の環境について考える。



ねらい

- ・簡易ビオトープにおける生物相互の関係や自然界のつり合いについて考え、生命尊重の態度を育てる。
- ・簡易ビオトープを作って生物の観察をすることで、地域の環境について多面的に見る能力を育てる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年）「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎）「生物の多様性と生態系」

活動の内容

- (1) ビオトープについて知る。
- (2) ビオトープの設置場所について考える。
 - ・どの場所に簡易ビオトープを設置すると、より多くの生物が来訪するかを考えて、ワークシートに設置場所とその理由について記入する。（花壇の中、プール周辺、外周緑地にある樹木の下、粗放管理地、ベランダなど）
- (3) 簡易ビオトープの製作を行う。
 - ・荒木田土をコンテナに入れ、水を入れる。
 - ・ボウフラ等の発生を防ぐためにメダカを入れる。10Lにつき1匹程度でよい。
- (4) 継続的に観察を続ける。
 - ・メダカの個体数の変化を調査する。（産卵し数が増加することもある）
 - ・新たに発生したり訪れたりする生物の個体数と種類などを調査する。（カエル・タニシ・トンボ・ミジンコなど）
 - ・プラスチックたらいの底に敷いた土の中から、微小な生物が生まれくる。その種類なども調べる。
 - ・水草の成長の様子や新たに生えてきた植物の種類を調べる。
 - ・トンボが卵を産み付けに来るなどの様子が見られる。

準備するもの

- ・デジタルカメラ
- ・プラスチックたらい
- ・水田の土（荒木田土）
- ・水草
（ホテイアオイ、スイレンなど）
- ・メダカ



荒木田土



簡易ビオトープ



メダカ

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・簡易ビオトープの製作にあたっては、睡蓮鉢すいれんの利用などがあるが、ホームセンター等で販売しているプラスチック製の容器などが安価に購入できる。使用済みの発泡スチロールの箱などでも代用できる。
- ・荒木田土あらかきだつちは関東地方の水田の底の土で、粘土質が強く、水持ちがよいことからビオトープづくりや水生植物栽培に用いられている。この土には、生物の卵なども含まれているためミジンコやタニシなどの生物が自然に発生してくる。ホームセンター等で安価に購入できる。
- ・箱に入れる土は、許可を得て水田やその周りの土などを利用することで、土の中に入っていた種子や生物などが発生し、その地域の植物や微小な生物たちが増える。
- ・基本的に雨で水は補充されるが、夏場など蒸発が激しく水が著しく減ってしまった場合には水を足す。
- ・ビオトープに放す生物については、生態系維持の観点から、外来種の生物は好ましくない。また、購入した生物なども遺伝的多様性の観点から地域に放してはいけないので使用しないよう徹底する。

○用語の説明

- ・ビオトープと学校ビオトープ

ビオトープとは、生物（bio）の生息する空間（top）を指す学術用語（独:Biotop,英:biotope）である。これは、身近な自然の復元の間や保護すべき生物を育てているひとまとまりの環境を意味し、ドイツを中心に盛んになった自然環境の保全・復元の運動から広く知られるようになったものである。この考え方では、自然を復元した後は基本的に人が手を入れずに保全していくスタイルをとっている。現在日本では、ビオトープは、野生生物が自立的に生息することができる地域空間のことを意味する言葉として定着しつつある。人間がそこにすむ生物同士のつながり（生態系）に配慮しない土地利用を進めると、そこで生活していた生物の数が大きく変化してしまう。しかし、周辺にある程度自然が残されていると、人間が環境を整えることによって、再び生物がやって来て新たな生態系を築くことができる。このような考え方を学校に取り入れて、小さな生態系として作られるのが学校ビオトープである。学校ビオトープを設置することによって、自然界のすばらしさや微妙なバランスなど、普段見落としていた、たくさんのことを発見したり、学んだりすることが期待できる。

- ・生態系と食物連鎖

生物にとっての環境は、温度・光・水・大気・土壌などからなる非生物的環境と、同種・異種の生物からなる生物的環境に分けて考えられる。生物と非生物的環境を物質循環の観点から、ある程度閉じた一つの系と見なすとき、これを生態系という。生態系は大きく、生産者、消費者、分解者に区分される。植物（生産者）が太陽光から系にエネルギーを取り込み、これを動物などが利用していく（消費者）。遺体や排泄物などは主に微生物によって利用される（分解者）。これらの過程を通じて生産者が取り込んだエネルギーは消費され、生物体を構成していた物質は無機化されていく。それらは再び植物や微生物を起点に食物連鎖に取り込まれる。このように生物が食べる・食べられるの関係で物質が循環することを食物連鎖という。

○参考資料

- ・簡易ビオトープの設置場所について

ビオトープの設置場所については、学校周辺地域の環境の多様性（緑化の状況や水辺の有無）に着目して設置することが重要であると考えられる。学校周辺地域の環境の多様性が高い場合には、簡易ビオトープの設置場所をあまり考慮しなくてもある程度のトンボやチョウの出現は期待される。地域の農地や山林、小川や公園などの地域資源と連携して、地域の自然生態系の保全や向上に寄与する役割を担わせることも可能である。一方、学校周辺地域の環境の多様性が低い場合には、ビオトープ自体が孤立した状況になるため来訪する生物は少なくなる。以上のように学校の周辺状況によって出現する生物に変化があると考えられる。チョウやトンボの行動特性も踏まえつつ、簡易ビオトープの設置場所をいくつか設定することで、学校周辺地域とのつながりや、生物がどのように移動してくるのか、簡易ビオトープの設置場所の差による生物の数や種類の違いなどについて考察することができる。

自然



生物の移動分散の距離

分類群	移動方法	該当種	移動距離
鳥類	飛翔	シジュウカラ	～4 km
ハチュウ類	陸上（地這）	カナヘビ	～50m
両生類	陸上（地這）	アズマヒキガエル	200m～1.5km
昆虫類	飛翔	トノサマバッタ	1～2 km
昆虫類	飛翔	オニヤンマ	～30km
昆虫類	飛翔	シオカラトンボ	700m～3 km
昆虫類	飛翔	アゲハチョウ	400m～600m

出典：「都市のエコロジカルネットワーク計画における動物の移動分散の距離に関する考察」

日本工営株式会社中央研究所 徳江義宏・今村史子 日本大学生物資源学部 大澤啓志

○発展学習

- ・簡易ビオトープを自然な生態系を意識して設置した。プラスチックたらいの底に敷いた水田の土の中から微小な生物が発生し、メダカの餌となる。ホテイアオイは光合成により、メダカや微小な生物たちに酸素をもたらす。メダカの排泄物が植物の養分となって成長を助ける。あらたにトンボなどが産卵し、ヤゴなどがすむようになるとメダカの数が増減する。このように、継続的に観察することで、食物連鎖や生態系などの学習へと進めることができる。
- ・生態系について、さらに発展させた内容として閉鎖生態系としての地球をモデル化した「エコボール」がある。透明な容器に、水・砂・空気・生物を入れて密封する。密封後は外から餌や空気を与えることは不可能となり、そのまま放置する。このエコボールを自分たちでつくり観察するという活動がある。この活動をするに当たって、生物が生き続けることの難しさを実感し、結果から生物に適した環境条件を考えることで、いかにバランスが大切かということに気付かせ、地球が宇宙空間で閉鎖された環境にあることから地球環境の偉大さを体感することができる。

エコボール製作方法

- ①準備したガラス容器に砂利とくみ置きした水道水を入れる。
(ガラス容器の上部には必ず空気が残るようにする)
- ②生物を入れる。
- ③フタをする。空気が出入りしないようにビニールテープでまく。

準備するもの

- ・密封できるガラス容器
- ・ビニールテープ ・メダカ
- ・ヒメタニシ
- ・ヤマトヌマエビ
- ・オオカナダモ
- ・砂利



密閉できるガラス容器



オオカナダモとメダカ



完成したエコボール

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「おしえてビオトープ」 環境省 <http://www.env.go.jp/nature/biodic/eap61/>
- ・「いのちはつながっている」 環境省 <http://www.env.go.jp/nature/biodic/inochi/>
- ・「中学校理科教材の開発研究-簡易エコボール教材の開発と実践」 石井 照久, 篠木 碧
秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要/秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要編集委員会
秋田大学学術情報リポジトリ <http://hdl.handle.net/10295/1896>
- ・「学校・園庭ビオトープ 考え方つくり方使い方」 日本生態系協会編 (2008)

プログラムの作成において参考とした文献やWebサイト

- 「検証・学校ビオトープ-阪神地域における取り組みを通じて-」 阪神・都市ビオトープフォーラム編 (2009)
- 「生物多様性」環境省 生物多様性施策推進室 <http://www.biodic.go.jp/biodiversity/>

簡易ビオトープによる環境調査

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

○簡易型ビオトープを設置する場所を考えよう。その設置場所を考えた理由もあわせて記入しよう。
また、他の設置場所も地図上に記入しておこう。



○調査結果

・ 設置場所	
・ 植物の変化の様子	
・ 来訪する生物の種類と数	
・ 気付いたこと ・ 他の設置地点との比較	

○調査結果からわかったこと

絶滅のおそれのある野生生物について考えよう

時期 いつでも

時間 3～4時間

場所 図書室、パソコン室

- 「レッドデータブックとちぎ」を読み、身近な絶滅のおそれのある野生生物について調べる。
- 身近な絶滅のおそれのある野生生物について、数を減らした原因を調べ、保全していくためにはどうしたらよいか考える。



ねらい

- ・身近に、絶滅のおそれのある野生生物が多くいることを理解させる。
- ・絶滅のおそれのある野生生物について調べ、その保全について考えることで、自らも生態系の一部であることを実感し、野生生物や自然に対する態度を育成する。

教科に見る活用場面

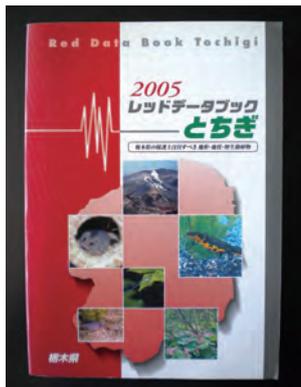
- ・中学校 理科（第3学年）「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎）「生物の多様性と生態系」（生物） 「生態と環境」

活動の内容

- (1) 図書館にある「レッドデータブックとちぎ」を読んで、見たことのある生物、見たことはないが知っている生物をワークシート①に書き出す（ページ数が多いので興味に応じて、対象とする分類群を決めて行う。また、「レッドデータブックとちぎ」がない場合には「レッドデータブックとちぎ」のホームページから調べる。）。

準備するもの

 - ・レッドデータブックとちぎ
 - ・レッドデータブック環境省版
 - ・パソコン（インターネット）
- (2) (1)で書き出した生物のレッドリストにおけるカテゴリーをワークシート①に記入する（栃木県のカテゴリーと環境省版のカテゴリーの両方を記入する。）。
- (3) 書きだした生物のうち一種を選び、その生物はなぜ減少したのか、その原因を文献やインターネットを使って調べ、ワークシート②にまとめる（情報の多い、よく知られた生物を選ぶ。）。
- (4) (3)で選んだ生物を保護するにはどうしたらよいか考え、ワークシート②にまとめる。
- (5) まとめた内容を、模造紙やパワーポイント等にまとめて発表する。



レッドデータブックとちぎ



環境省版レッドデータブック

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・「レッドデータブック」には分類の難しい生物が多く掲載されているので、生徒がよく知る有名で情報量の多い生物に注目させるようにする。
- ・ワシ、タカ、ハクチョウなどの鳥類、サンショウウオやカエルなどの両生類、タナゴの仲間やイトヨ、メダカなど魚類は、各地で保護活動などが行われており情報量が多い。昆虫では、ホタル類、タガメ、国蝶であるオオムラサキなどは情報量が多い。
- ・栃木県指定自然環境保全地域の地図を用いて、学校や住んでいる場所の近くに生息する生物について調べさせてもよい。
- ・「レッドデータブック」が手に入らない場合や生徒の人数が多い場合には「レッドデータブックとちぎ」のホームページを利用してもよい。
- ・外来生物が存続を脅かしている原因であることも多いという点にも注目させるとよい。
- ・関連プログラムとして、「日本タンポポと外来タンポポを探そう」(p70)がある。

○用語の説明

- ・レッドデータブック

レッドリスト（絶滅のおそれのある動植物のリスト）についてまとめた本のことで1966年にIUCN（国際自然保護連合）により作成されたものが始まりである。日本では、1991年に、環境省が作成したレッドリストに基づき、(一財)自然環境研究センターから「日本の絶滅のおそれのある野生生物」が発行された。レッドリストは随時見直しが行われており、最近（平成25年）では食用として生活に身近なニホンウナギが「絶滅危惧I B類」に指定されたり、「絶滅」に指定されていたクニマスが再発見されて話題になった。

各分類群ごとに「レッドデータブック」が発行されている。また、「レッドデータブック」を作成している都道府県もあり、栃木県では「レッドデータブックとちぎ」が発行されている。

○発展学習

- (1) 身近に、絶滅のおそれのある野生生物の生息地があるか、栃木県指定自然環境保全地域の地図やインターネット、文献などで調べる。また、そこにはどのような生物が生息しているか調べ、ワークシート③に記入する。
- (2) 実際に、絶滅のおそれのある野生生物の生息地や保護地を訪れる。
- (3) その地域に、絶滅のおそれのある野生生物が生き残った理由を考えてワークシート③に記入する。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「レッドデータブックとちぎ」 栃木県 <http://www.pref.tochigi.lg.jp/shizen/sonota/rdb/>
- ・「日本のレッドデータ検索システム」
NPO法人野生生物調査協会 NPO法人Envision環境保全事務所 <http://www.jpnrdb.com/>
- ・「生物多様性情報システム」 環境省 <http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>
- ・「自然環境保全地域」 栃木県
<http://www.pref.tochigi.lg.jp/d04/eco/shizenkankyuu/shizen/hozenntiiki.html>
- ・「希少な野生生物の保護」 WWF ジャパン <http://www.wwf.or.jp/activities/wildlife/cat1014/>
- ・「グリーントラストうつのみや」 <http://green-trust.jp/>
- ・「ミヤコタナゴの部屋」 関東地方環境事務所 http://kanto.env.go.jp/wildlife/mat/data/m_1_1/

自然



②絶滅のおそれのある野生生物について考えよう

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

1 ワークシート①で書き出した生物のうち、詳しく調べる1種類を選ぼう。

2 1の生物が数を減らした原因を文献やインターネットで調べ、まとめよう。

3 1の生物を保護していくにはどうしたらよいか考えよう。また、保護の取組の例があれば、それについてまとめよう。



③絶滅のおそれのある野生生物について考えよう

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--



1 訪れた絶滅のおそれのある野生生物の生息地名を記入しよう。

2 この場所にはどんな生物が生息しているか調べよう。

※インターネットや文献，生息地に立つ看板などを参考に記入する。

※絶滅のおそれのある野生生物以外の生物名についてもわかる範囲で記入する。

3 実際に確認できた生物を記入しよう。

4 この場所に絶滅のおそれのある野生生物が生き残った理由を考えてみよう。



○レッドリストのカテゴリー

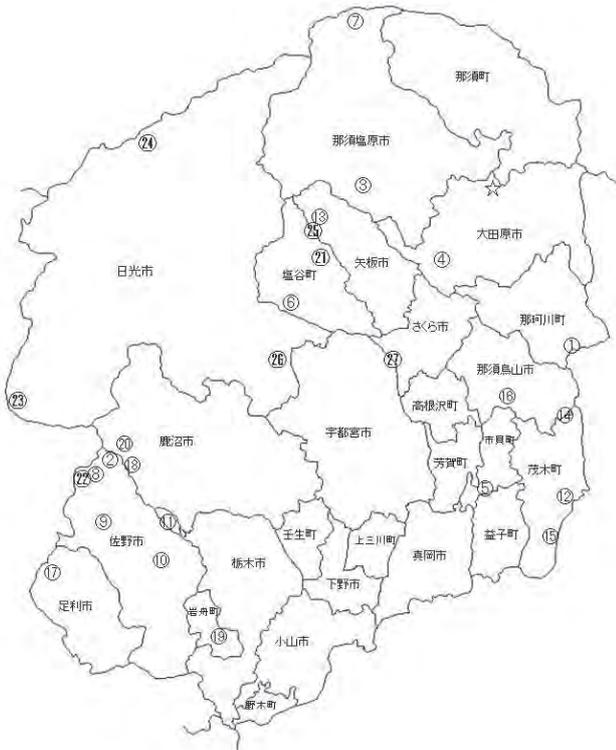
【栃木県版】

カテゴリー	基本概念
絶滅	県内ではすでに絶滅したと考えられる生物
絶滅危惧Ⅰ類（Aランク）	絶滅の危機に瀕している生物
絶滅危惧Ⅱ類（Bランク）	絶滅の危険が増大している生物
準絶滅危惧（Cランク）	存続基盤が脆弱な生物
情報不足	評価するだけの情報が不足している生物
絶滅のおそれのある地域個体群	地域的に孤立しており、地域レベルでの絶滅のおそれが高い個体群
要注目	上記の区分以外で注目すべき生物

【環境省版】

カテゴリー	定義	
絶滅（EX）	我が国ではすでに絶滅したと考えられる種	
野生絶滅（EW）	飼育・栽培下のみで存続している種	
絶滅危惧Ⅰ類	絶滅危惧ⅠA類（CR）	ごく近い将来における絶滅の危険性が極めて高い種
	絶滅危惧ⅠB類（EN）	ⅠA類ほどではないが、近い将来における絶滅の危険性が高い種
絶滅危惧Ⅱ類（VU）	絶滅の危険が増大している種	
準絶滅危惧（NT）	現時点では絶滅危険度は小さいが、生息状況の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種	
情報不足（DD）	評価するだけの情報が不足している種	
絶滅のおそれのある地域個体群（LP）	地域的に孤立しており、地域レベルでの絶滅のおそれが高い種	

○栃木県指定自然環境保全地域



「栃木県自然環境課」のWebサイトより作成

番号	地域名	所在地	指定年月日	主要保全対象
①	鷲子山	那珂川町	S48.8.31	南方及び北方系植物自生地
②	氷室	佐野市	S48.8.31	ニホンザル、ヒダサンショウウオ生息地
③	箒根	那須塩原市	S48.8.31	モミの天然林
④	親園	大田原市	S48.8.31	イトヨ、ミヤコタナゴ生息地
⑤	多田羅沼	市貝町	S48.8.31	湿生植物自生地
⑥	佐貫観音	塩谷町	S48.8.31	チョウゲンボウ生息地
⑦	七千山	那須塩原市	S48.8.31(追加S51.1.31)	高山植物自生地 亜高山性植物、ブナ、ミズナラ等の天然林
⑧	作原	佐野市	S51.1.31	ミズナラ、クリ等の天然林及びヤマネの生息地
⑨	栃久保	佐野市	S51.1.31	ハコネサンショウウオ生息地
⑩	長谷場	佐野市	S51.1.31	両生類の生息地
⑪	出流山	栃木市	S51.1.31	暖地性シダの自生地及び鍾乳洞
⑫	鮎田	茂木町	S51.1.31	トウキョウサンショウウオ生息地
⑬	東高原	矢板市	S51.1.31	ブナ、ミズナラ等の天然林
⑭	松倉山	茂木町、那須烏山市	S52.7.19	暖地性植物の自生地
⑮	焼森山	茂木町	S52.7.19	希少植物の自生地
⑯	小鳩	那須烏山市	S52.7.19	荒川の河蝕地形
⑰	石尊山	足利市	S52.7.19	アカマツの天然林
⑱	与洲	鹿沼市	S52.7.19	ニホンザル生息地
⑲	岩舟山	岩舟町	S52.7.19	希少植物の自生地、チョウゲンボウ生息地
⑳	尾出山	鹿沼市	S53.9.19	ブナ天然林及びウラジロヒカゲツツジの自生地
㉑	南高原	塩谷町	S53.9.19	ヒノキ天然林
㉒	根本沢	佐野市	S54.12.11	シオジの天然林、ガロアムシ、ムカントンボの生息地
㉓	袈裟丸山	日光市	S57.6.22	高山性植物又は亜高山性植物、特異な地形、地質、希少植物の自生地、野生動物の生息地
㉔	湯西川	日光市	S61.1.21	トチノキの原生林、冷温帯の自然植生
㉕	尚仁沢	矢板市、塩谷町	H4.12.18	尚仁沢湧水、ブナ、ミズナラの天然林
㉖	弁天沼	日光市	H11.3.31	希少植物自生地、カラカネイトンボ生息地
㉗	鬼怒川中流域	宇都宮市、さくら市	H25.10.4	シルビアシジミ、カワラノギク等磯貫河原特有の希少野生生物の生息・生育地
☆	羽田	大田原市	H6.12.26	国指定ミヤコタナゴ生息地保護区

資料：守りたい！ミヤコタナゴのすむ環境

1 ミヤコタナゴってどんな魚

ミヤコタナゴは、コイ科タナゴ亜科アブラボテ属に分類される体長3～4cmの小さな魚で、日本固有種である。

産卵期の雄は、朱赤、紫、黒、白の鮮やかな婚姻色が現れとてもきれいである。雌は、銀白色で産卵期には、二枚貝に卵を産み付けるための産卵管が伸びてくる。

東京大学附属小石川植物園で発見されたことから「都」の意味で「ミヤコタナゴ」の名前がつけられたといわれている。栃木県では雄の婚姻色の鮮やかさから、「オシャラクブナ」（おしゃれなフナ）とよばれていた。

2 特徴的な産卵行動

タナゴ類は淡水産二枚貝の中に産卵するというユニークな性質を持っている。ミヤコタナゴは特にマツカサガイ、ヨコハマシジラガイに好んで産卵する。

ミヤコタナゴの産卵行動は、まず、メスが産卵管を二枚貝の出水管に挿入して卵をえらの間に流し込み、その直後に雄が入水管から精子を吸い込ませる。卵は二枚貝の中で受精し、受精卵は水温23℃、受精後48時間でまだ泳げないうちにふ化する。ふ化した稚魚は、自分でえさをとり、泳げるようになる3～4週間後に貝の外に出てくる。産卵期は4月から7月である。



ミヤコタナゴの産卵行動



二枚貝に生み付けられたミヤコタナゴの卵

3 絶滅が危惧されるミヤコタナゴ

ミヤコタナゴはかつて、関東地方全域に生息していたが、現在の野生の生息地は、栃木県と千葉県の一部にほんの少し残っているだけである。

大変貴重なミヤコタナゴは1974年に同タナゴ類のイタセンバラとともに魚類ではじめて種指定天然記念物に定められた。また、2007年の環境省レッドリストには「絶滅危惧ⅠA類（CR）」（ごく近い将来における絶滅の危険性が極めて高い種）という最も重いランクに指定されている。2005年の「レッドデータブックとちぎ」においても「絶滅危惧Ⅰ類（Aランク）」（絶滅の危機に瀕している生物）に指定されている。

4 なぜ、ミヤコタナゴは減少したのか

ミヤコタナゴが減少した最大の原因は、ミヤコタナゴの産卵母貝であるマツカサガイやヨコハマシジラガイの減少にあると考えられる。マツカサガイ、ヨコハマシジラガイはともに環境省レッドリストの「準絶滅危惧種」、「レッドデータブックとちぎ」の「絶滅危惧Ⅰ類（Aランク）」に指定されている。

これらの貝類が減少した大きな原因としては、用水路の三面コンクリート護岸化や農業の様式の変化により、人間による用水路の管理がなされなくなり、川底に堆積した泥に貝が埋まってしまったことが考えられる。用水路を三面コンクリート護岸化すると、流れが真っ直ぐになりミヤコタナゴや貝類ばかりでなく、多くの水生生物にとって生息しにくい環境となってしまう。

その他にも、農薬などによる水質汚染や、ブルーギルやブラックバスなどの肉食性外来魚の食害、密漁などもミヤコタナゴの減少に関係していると考えられている。千葉県のある生息地では、外来種のタイリクバラタナゴの移入により、産卵する二枚貝や生息場所などをめぐって競合になり、ミヤコタナゴが減少したとの報告がある。

また、ミヤコタナゴが生息する場所は貴重な場所という考えから、人の手による管理が行われなくなったことも減少の原因と考えられる。



ミヤコタナゴの産卵母貝



三面コンクリートの用水路

5 栃木県における生息分布

大田原市羽田沼を水源とする細流が1994年に淡水魚で国内初の種の保存法による生息地保護区に指定されたが、2002年から生息が確認されなくなった。そのため、県水産試験場で維持していた個体を2013年に試験的に再放流した。

同じ大田原市の滝岡ミヤコタナゴ保護地では、ミヤコタナゴの生息に適した環境をつくり、ミヤコタナゴを放流し、環境学習の場として活用されている。ここでは、水面下の水中生物を観察することのできる水中観察舎も整備されている。

矢板市の山田地区では、1990年ころまでは、野生のミヤコタナゴが多数確認されていたが、その後確認されなくなり、2001年に再放流され、現在、毎年の調査で確認され定着しているようである。

6 ミヤコタナゴの自然繁殖をめざすには

現在、人工授精によるミヤコタナゴの繁殖については技術が確立されており、人工飼育下においてのミヤコタナゴの絶滅は心配されない。しかしながら、人工授精は当然のことながら本来あるべき自然の姿とはいえない。

ミヤコタナゴの恒久的な自然繁殖をめざすには、まずは、マツカサガイなどの産卵母貝が繁殖、生育できる環境を整える必要がある。マツカサガイの幼生（グロキディウム）はヨシノボリなどの小魚のえらに寄生し生育するという性質を持っている。このことから、ミヤコタナゴ、産卵母貝とそれを取りまく水生生物、さらには、これらの水生生物を取りまく環境全体を保全していく必要がある。

本来、ミヤコタナゴは「里地里山」と呼ばれるような地域の、農業用水路に多く生息していた。このような場所は、人間の手により、土手の草はよく刈られ、川底に堆積した泥などは定期的に除去するなどよく管理がされていた。つまり、ミヤコタナゴは人間が作り出した自然環境の中で

生きてきたとみることができる。そう考えると、ミヤコタナゴという希少な淡水魚を残していくことができるかどうかは、私たちと自然が共存していけるかどうかということにゆだねられていることがわかる。私たちは、改めて身の回りの自然との関係について考え直す必要があるようだ。

7 ミヤコタナゴ保護の取り組み ～羽田ミヤコタナゴ生息地保護区の例～

大田原市の羽田ミヤコタナゴ生息地保護区は、ハクチョウの飛来地として知られる農業用貯水池である羽田沼から流下する750mの水路とその周辺の農地等からなる。1988年に、この水路でミヤコタナゴの生息が確認され、1994年に種の保存法による生息地保護区に指定された。

かつては、数多く確認できたミヤコタナゴであるが、その数は減少し、2002年以降の調査では1匹も確認できなくなった。この減少の一因としてハクチョウへの餌付けが考えられている。保護区の上流にある羽田沼にハクチョウが飛来するようになったのは1996年ころからである。地元のハクチョウを守る会による餌付けが行われている他、多くの観光客が訪れ、ハクチョウにパンやスナック菓子などを与えており、毎年飛来する数を増やした。しかし、過剰な餌付けの結果、食べ残しや糞尿が沼に堆積し、そこから流下する水路も水質が悪化し、堆積する泥も増加した。

そこで、行政機関や地元の羽田ミヤコタナゴ保存会、ハクチョウを守る会などが連携し、本来の自然を回復するための取組を始めた。

まず、ハクチョウへの餌付けを制限し、水質の改善に取り組んだ。また、水路の泥上げや草刈り、崩れた水路の補修などかつての農法において行っていたのと同じように水路を管理するようにした。このような活動を通して、地域住民や関係者のミヤコタナゴとそれを取りまく環境に対する意識や、何とかミヤコタナゴを戻したいという思いが強まってきたと思われる。

2002年以降、ミヤコタナゴが確認されることはなかったが、このような取組は続けられてきた。そして、2013年に県の水産試験場で維持していた羽田産のミヤコタナゴ1000匹を2回に分けて試験的に再放流した。その後の調査では、マツカサガイへの産卵が確認されるなど、ミヤコタナゴが生育できる環境が整いつつあることが確認できた。



羽田ミヤコタナゴ生息地保護区



ミヤコタナゴが生息する水路



ミヤコタナゴ生息調査の様子



自然

日本タンポポと外来タンポポを探そう

時期 3～4月

時間 2時間

場所 校庭、地域

○身近に生育するタンポポ類を調査し、植物の生育と環境との関係について知る。

ねらい

- ・身近な植物であるタンポポにも、さまざまな種があることを知らせる。
- ・日本在来のタンポポと外来のタンポポに生育地や生育の仕方に違いがあることを知る。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎） 「生物の多様性と生態系」
理科（生物） 「生物と環境」

活動の内容

- (1) 日本タンポポと外来タンポポとの違い（総苞外片の状態）を理解する。
- (2) 野外（校庭あるいは学校や自宅の周囲）に出て、タンポポを探し、総苞外片の状態を観察する。
- (3) 総苞外片の状態から、日本タンポポか外来タンポポか判断する。
（果実を観察して、セイヨウタンポポとアカミタンポポの区別が可能なときは、区別する）
- (4) ワークシートと地図に記録する。
- (5) 日本タンポポと外来タンポポ（セイヨウタンポポとアカミタンポポ）の生育地や生育の仕方にどのような違いがあるか考察する。

準備するもの
・ワークシート
・地図
・筆記用具

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

タンポポは、郊外の耕作地周辺から市街地、校庭にも生育しているので、どこでも実施することができるが、できるだけ多様な環境を含む地域で活動を行うと、さまざまな考察が展開できる。校庭でも除草や踏みつけが激しい所とそうでない所などを比較できるように、調査範囲の指定を行うと良い。

○タンポポの花のつくり

タンポポの「花」は、実際には一つの花ではなく、多くの花が集まってできた花序で、一見、一枚の花びらに見えるものが、それぞれ一つの花（舌状花）である。花序全体を包み、がくのように見える部分が「総苞」で、この外側の部分を「総苞外片」と言い、日本タンポポと外来タンポポを見分ける重要な部分である。

○活動場所や材料の情報

栃木県の平野部では、日本タンポポは3～4月にかけて、外来タンポポは厳冬期を除いてほぼ一年中開花する。基本的には両種が共に開花している3～4月にかけて調査するとよい。4～5月にかけては果実によって種を判別することも可能であり、結実期の観察により繁殖力の比較もできるので、発展的活動として利用することができる。

○協力が得られる機関

栃木県立博物館 Tel: 028-634-1311（代表）

○ワークシートの解答

外来タンポポは、開発などによって土壌がかく乱された場所に生育する。したがって市街地であっても、長期間かく乱の起きていない庭園や学校の校庭などには、日本タンポポが生育していることもある。外来タンポポが増えているのは、外来種による「侵略」が起きているのではなく、人間の活動によるものである。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

タンポポ調査・西日本2010 「タンポポ調査・西日本2010」事務局

<http://www.nature.or.jp/Tampopo2010/Tampopo-index.html>

自然



日本タンポポと外来タンポポを探そう

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏 名	
-----	-----------	-------	-----	--



○生徒用資料をもとに、タンポポを日本タンポポと外来タンポポ（セイヨウタンポポ，アカミタンポポ）に区別し，○で囲み，生育環境を記入しよう。

	種類	生育環境（草地，荒地，路傍など，乾湿や日当たりなども記すと良い）
1	日本・セイヨウ・アカミ	
2	日本・セイヨウ・アカミ	
3	日本・セイヨウ・アカミ	
4	日本・セイヨウ・アカミ	
5	日本・セイヨウ・アカミ	
6	日本・セイヨウ・アカミ	
7	日本・セイヨウ・アカミ	
8	日本・セイヨウ・アカミ	
9	日本・セイヨウ・アカミ	
10	日本・セイヨウ・アカミ	

○日本タンポポはどんな所に生えているかな？外来タンポポ（セイヨウタンポポ，アカミタンポポ）はどんな所に生えているかな？整理してみよう。

○外来タンポポが日本で増えているのはなぜだろう？生育環境や生育の仕方に注意して考えてみよう。

タンポポの見分け方

〇これって、タンポポ？



タンポポじゃない

〇これって、何タンポポ？



外来タンポポ



日本タンポポ
(カントウタンポポ)



セイヨウタンポポ



アカミタンポポ

資料：外来種（外来生物）とは

外来種とは、他地域から人の活動によって持ち込まれた生物である。中には、「富士には月見草がよく似合う」と言われるほど風景になじんでしまった生物もいるが、日本に昔から生育・生息する生物（在来種）を食べてしまったり、競争関係になって在来種を絶滅の危機に追い込んだりするような例も知られている。



○植物

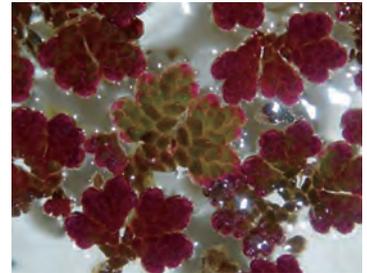
人や物の往来に伴って偶然持ち込まれたものが多いが、鑑賞用のハルジオン、食用のセイヨウタンポポ、飼料用のアカツメクサなど、さまざまな用途に栽培目的で持ち込まれ、その後野生化したものもある。

外来植物の多くは、土壌がかく乱されるなど、人間によって環境が変化した場所に生育する。

外来植物には在来植物の生育の場を奪ったり、環境を悪化させたりするなどの影響を与えるものもある。



ミカヅキゼニゴケ



アヅラ（シダ植物）

○動物

外来動物は人に危害を加えたり、他の動植物を捕食して生態系に大きなダメージを与えたりすることなどがあり、問題になることがある。近年では、毒グモのセアカゴケグモや人家にも棲みつくアライグマの被害が話題になっている。



オオキンケイギク



セイタカアワダチソウ

○特定外来生物

近年、外来種によって在来の生物や人の生活に著しい害を及ぼす例が増えている。平成17年、このような被害を防止するためにいわゆる「外来生物法」が施行され、この法律で指定された外来生物は許可がない限り売買や飼育などはできず、野外で捕獲した場合は、生きたまま移動させることができなくなった。

外来生物法は被害を及ぼす外来生物の拡大を防ぐために制定された法律だが、外来生物が悪者なのではない。生物を移動させて自然の生態系をかき乱した人間自身が解決しなければならない課題なのだ。



アメリカザリガニ



アオマツムシ



コクチバス



アライグマ

水生生物を用いた水質調査

時期 いつでも

時間 3時間

場所 身近な河川や用水路

- 身近な河川や用水路における生物調査を行う。
- 調査結果から河川や用水路と生物との関わりあいについて考える。

ねらい

- ・河川、用水路や水生生物に肌で触れ、自然に親しみ、自然から学ぶ態度を育成する。
- ・水生生物が、様々な環境に適応して生息していることに気付かせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年）「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎）「生態系とその保全」

活動の内容

- (1) 水の底の石や泥をそっと取り出し、そこにすんでいる生物を捕える。
- (2) 川の底をかき混ぜ、その下流に流れてくる生物を網で捕える。
- (3) 捕えた生物が何であるかを生徒用資料（p.77～78）や図鑑から推定する。
- (4) ワークシートに沿って調査を行い、水質階級について考える。スケッチやカメラ、ビデオ等で記録に残すとまとめるときに役立つ。
- (5) 調査結果のまとめをもとに、生息する生物と河川や用水路の水質について、気付いたこと、感じたことについて話し合う。

準備するもの

- ・水生生物図鑑
- ・ピンセット
- ・目の細かい網
- ・バット
- ・歯ブラシ
- ・バケツ
- ・軍手
- ・タオル
- ・プランクトンネット
- ・長ぐつまたはゴム長

<生物の採集方法>

- ・川底が礫や砂中心の場合は、採集する場所の下流に網をおき、大きめの礫を静かに取り上げてバットにおく。石を取り上げた後の川底を足などでかき混ぜて流れてくる生物を網で受ける。
- ・川底が砂泥中心の場合は、採泥器も活用できる。ロープにつながった採泥器を静かに砂泥に落とし、ロープをピンと張ったまま鉛をロープ伝いに落とすと、その衝撃で採泥器の口部が閉まり、採泥できる。採泥器は川底の生物が生息しているままの姿で採集できる利点がある。

<生物種類の特定方法>

- ・採集した生物について、種・属を特定することを同定という。代表的な指標生物とされる水生生物を生徒用資料として掲載したが、詳しい同定の方法は、生物群の検索図鑑やホームページ等に掲載しているのでそれを参考にするとよい。





水生生物を採集しているようす



水生生物を観察しているようす



班で採集した水生生物を集めたもの



クラス全員で採集できた水生生物



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・この活動は河川調査や生物調査における厳密な方法ではなく、淡水生物と河川環境について考える導入的な活動となっている。
- ・調査を行う際、正式には事前に生物調査等の許可を取る必要がある。河川の場合、流域を管轄する漁業協同組合に連絡し、許可を得る。農業用水路の場合、所有者や所有団体などに相談するとよい。
- ・活動する川や水路は事前に指導者が下見をしておき、安全面の確認や水生生物の生息状況を十分把握しておくことが必要である。活動場所は水深の浅い農業用水路などでも十分である。
- ・一人だけの行動や危険が予想される場所（水深が深い場所など）での調査は絶対に行わないなど、具体的な事前指導を行い、安全に配慮する。
- ・調査用ワークシートは調査地点ごと、または調査日ごとに必要枚数をコピーして活用する。
- ・水質の調査方法は「河川の水質調査」(p.79)を参考にする。

○発展学習

- ・自然環境は、場所や時間ごとに刻々と変化を遂げていく。調査対象の河川を広範囲に設定したり、調査を季節ごとに行ったりするとさらに効果的である。その場合、他校と共同調査を行うこともよい。流域や季節による環境や生物の変化がより明確になる。また、環境省「全国水生生物調査のページ」をはじめ、インターネット上に多くの文献が存在する。それらのデータと比較してみることもよい。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「全国水生生物調査のページ」 環境省
<https://www2.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/suisei/>
- ・「とちぎの川にすむいきもの」 栃木県保健環境センター
<http://www.thec.pref.tochigi.lg.jp/enviro/mizu/suiseiseibutsu/suiseitop.htm>
- ・「新訂 水生生物ハンドブック」 文一総合出版（2010）

水生生物を用いた水質調査

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

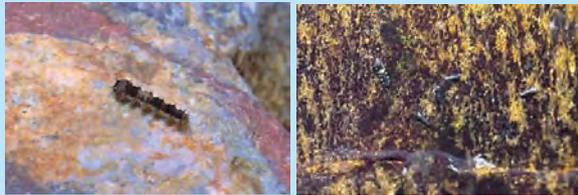
河川名・調査地点		天気	
----------	--	----	--

水質	水生生物	生物の数	水質	水生生物	生物の数
きれいな水	水質階級Ⅰ	アミカ類	きたない水	タニシ類	
		ナミウズムシ		シマイシビル	
		カワゲラ類		ミズカマキリ	
		サワガニ		ミズムシ	
		ナガレトビケラ類	たいへんきたない水	アメリカザリガニ	
		ヒラタカゲロウ類		エラミミズ	
		ブユ類		サカマキガイ	
		ヘビトンボ		ユスリカ類	
		ヤマトビケラ類		チョウバエ類	
ややきれいな水	水質階級Ⅱ	オオシマトビケラ	生息する生物と河川や用水路の水質について、どのようなことが分かるだろうか。		
		カワニナ類			
		ゲンジボタル			
		コオニヤンマ			
		コガタシマトビケラ類			
		ヒラタドロムシ類			



指標生物とされる代表的な水生生物

きれいな水（水質階級Ⅰ）



アミカ



ナミウズムシ



カワゲラ



サワガニ



ナガレトビケラ



ヒラタカゲロウ



ブユ

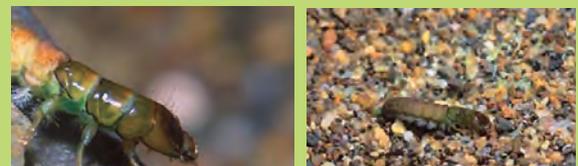


ヘビトンボ



ヤマトビケラ

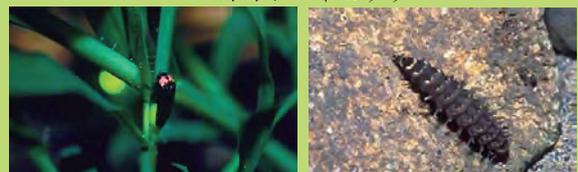
ややきれいな水（水質階級Ⅱ）



オオシマトビケラ



カワナ



ゲンジボタル



コオニヤンマ



コガシマトビケラ



ヒラタドロムシ



きたない水（水質階級Ⅲ）



タニシ



シマイシビル



ミズカマキリ



ミズムシ

たいへんきたない水（水質階級Ⅳ）



アメリカザリガニ



エラミミズ



サカマキガイ



セスジユスリカ



チョウバエ

引用写真 国立環境研究所 Web ページ (2003)

※指標生物とは？

生物は、ある範囲の環境の中でだけで生活することができる。その範囲が狭い場合、その生物が存在することにより、逆に、その環境を知ることができる。このように、その環境を示すような生物のことを指標生物という。



河川の水質調査

時期 いつでも

時間 3時間

場所 近くの河川

- 身近な河川や用水路における水質調査を行い、水環境の現状について調べる。
- 河川の水質を改善するためにできることについて考える。

ねらい

- ・科学的な水質調査方法を理解させる。
- ・水質改善のためにできることについて考えさせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎） 「生物の多様性と生態系」
（科学と人間生活） 「これからの科学と人間生活」

活動の内容

- (1) 自作透視度計を製作する。
透視度計を製作し、透視度の単位について知る。
- (2) パックテストの概要や方法について知る。
水道水を使ってパックテストの実施方法を確認する。
- (3) 水生生物の採集方法や判定について知る。
水質階級と主な指標生物の関係について知る。
（「水生生物を用いた水質調査」p.74を参考にする。）
- (4) 調査地点を地図上から選定する。
浄化施設の上流と下流、支流との合流地点とその上流、河川工事箇所の上流と下流、住宅街とその上流など条件の異なる点を選ぶようにする。
- (5) 河川の状態を調査する。
川の色・におい・水の透視度・川幅・水量・流れの様子・ゴミの有無・川底の様子などを調べる。
- (6) 水の採取をする。
安全に注意して採取する。川岸が急な斜面になっているところや流れの速い河川にはいかない。水を採取するときに、プラスチックバケツにひもをつけて安全な場所から採取するようする。採取した水はペットボトルなどに入れ、採取した河川名、調査ポイント名、採取場所、日時を明記して保管する（学校に持ち帰って測定する場合）。
- (7) パックテストを実施する。
パックテストの使用方法にしたがって調査を行う。
- (8) 結果をワークシートに記入する。
- (9) 調査結果から水環境の実態を知り、さらに河川の水質環境を改善するために私たちができることを考える。

準備するもの

- ・デジタルカメラ
- ・アルコール温度計（気温・水温）
- ・パックテスト
（pH・COD・NO₂・NO₃・PO₄・NH₄）
- ・透視度計（ペットボトルで自作）
- ・ストップウォッチ
- ・巻き尺・分度器・バケツ
- ・ルーペ・ピンセット
- ・白色トレイ
- ・水生生物指標

水質調査

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

○各地点の記録用紙

川の名称		採水地点		
調査時間	月 日 時 分	天気	水温 °C	気温 °C
水 や 川 の 状 態	色	透視度 度		
	川のにおい	川幅		
	水量	流れの様子		
	ゴミの様子	その他 気づいたこと		
	川底の様子			

測定項目		測定値	備考				
パ ク テ ス ト	pH (水素イオン濃度)						
	COD (化学的酸素要求量)	mg/L					
	亜硝酸態窒素 (NO ₂)	mg/L					
	硝酸態窒素 (NO ₃)	mg/L					
	リン酸態リン (PO ₄)	mg/L					
	アンモニア態窒素 (NH ₄)	mg/L					
発 見 し た 水 生 生 物	水生生物名	水生生物の数	水質階級				
			水質階級	I	II	III	IV
			水質階級	I	II	III	IV
			水質階級	I	II	III	IV
			水質階級	I	II	III	IV
			水質階級	I	II	III	IV
			水質階級	I	II	III	IV

他の調査地点との比較
 ○パックテストの結果から

○発見した水生生物の結果から

河川の水質をよくするにはどうすればよいか自分たちでできることを考えよう



透視度計の作成方法

水のにごり具合を調べる方法には透視度と透明度があり、河川水は一般に透視度を測る。透視度は透視度計というガラス管に採取した水を入れ、底の二重十字が見える深さをcmで求め、数値を度で表す。今回は、ペットボトルを利用して自作した。

準備

- ・ インクジェット用写真用紙
- ・ 500mLペットボトル3本, キャップ1個
- ・ ビニールテープ
- ・ 両面テープ
- ・ 油性マジック



準備するもの

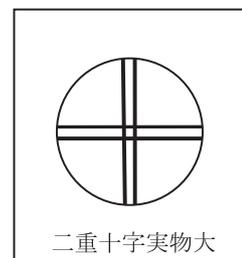
作成方法

- ①ペットボトル1本は飲み口を残し、底の部分を取り取る。
- ②残り2本のペットボトルは飲み口と底の部分を取り取る。
- ③3本のペットボトルを差し込んでつなぎ合わせ、ビニールテープで補強する。水が漏れないように何回もまく。



①②ペットボトルの切り方 ③ペットボトルのつなぎ方 ④⑤印刷用紙を切ったもの

- ④生徒用資料をコピーして、二重十字実物大を切り取る。(線の太さは0.5mm, 線の間隔は1mm)
- ⑤④をラミネートする。
- ⑥フタの大きさにあわせて切り取り, 両面テープで固定する。
- ⑦ペットボトルに、定規を使い1cm間隔に目盛りをふる。

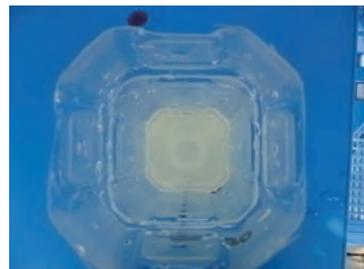
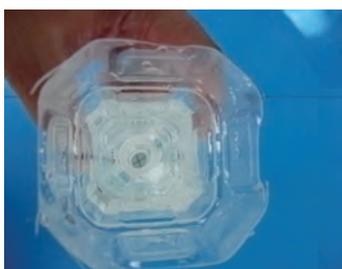


⑥フタに固定

⑦1cm間隔で目盛りをふる

使用方法

- ①ペットボトルの底から水を注水し、上からのぞきながらペットボトルのフタを緩めながらゆっくり排水する。
- ②二重十字線がはっきり見えたところで排水を止め、二重十字線からの高さを測る。単位は「度」になる。



※透明度とは、湖や海の水の透明さを表す値で、直径30cmの白色円板（セッキーマン）を水中に沈め、水面から識別できる限界の深さをmで表示する水質指標の1つである。透視度は、主に河川、排水などの透明の程度を示す指標である。



パックテストについて

パックテストは簡単な水質測定器である。ポリエチレンチューブの中に薬品が密封されており、チューブのはしにあるラインを引き抜き、そこから水を吸い込み、指定時間を待ち、変化した水の色を標準色と比べて、濃度を読みとるものである。環境学習では主にCOD やpHの測定を行うことが多い。

パックテスト使用方法

- ①チューブ先端のラインを引き抜く。
- ②穴を上にして、指でチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を外に追い出す。
- ③指でチューブを強くつまんだまま、穴を検査する水の中に入れ、つまんだ指をゆるめ、チューブの半分ぐらい水を吸い込む。
- ④かるく5～6回程度振り混ぜて、一定時間置いて標準色と比べる。
水温によって反応するまでの時間が違うため、時間を測定しながら行う。
- ⑤パックテストの試薬は、それ自体が環境汚染物質なのできちんと回収する。



パックテスト



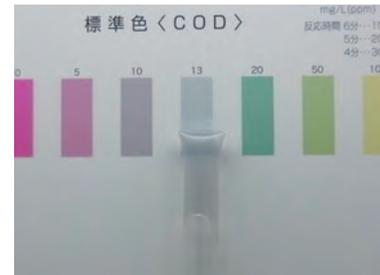
ラインを抜く



チューブを強くつまむ



水を吸い込む



振り混ぜて一定時間置いて比べる

パックテストによる判定項目

・COD

CODは、水にふくまれている有機物を、化学的に分解するのに要する酸素の量のことである。この数値が高いほど有機物が多く含まれている。

・pH

pHは、水の酸性、アルカリ性の値を表す指標である。pHが7のとき中性でそれより大きいときはアルカリ性、小さいときには酸性になる。河川水は通常7付近になるが、石灰岩地帯、工場排水、植物プランクトンの光合成などにより変化することがある。

・亜硝酸態窒素 (NO₂) ・硝酸態窒素 (NO₃) ・リン酸態リン (PO₄) ・アンモニア態窒素 (NH₄)

上記の4項目は、肥料、人や動物のし尿、生活排水などが原因による水の汚れを調べるのに適した指標となる。水を富栄養化させる原因となる物質である。

・富栄養化

富栄養化とは、湖沼などにおいて、窒素やリンなどの栄養塩類濃度が高まり、植物プランクトン等が異常発生する現象である。水質は、悪化し、透明度が低く、悪臭を放つようになる。



酸性雨とその発生するメカニズムを調べよう

時期 いつでも

時間 2～3時間

場所 理科室 屋外

- 雨を採集してパックテストを行い、雨がどのくらい酸性に傾いているのかを調べる。
- 酸性雨発生モデル実験を行い、発生メカニズムについて理解する。

ねらい

- ・酸性雨について関心を高めることにより、身近な環境への意識を高めさせる。
- ・酸性雨発生モデル実験を通して、発生メカニズムの理解を深めさせ、酸性雨発生を抑制するためにすべきことを考察させる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「科学技術と人間」「自然と人間」「化学変化とイオン」
社会（公民的分野） 「私たちと国際社会の諸問題」
- ・高等学校 理科（科学と人間生活） 「これからの科学と人間生活」

活動の内容

①雨がどのくらい酸性に傾いているのかを調べよう

【身近な場所で雨を採集し、酸性度をパックテストで調べる】

- (1) 雨の採集の仕方、pH（酸性度）の調べ方を確認する。
- (2) 採集場所、日時を決定し、必要な道具類を準備する。
- (3) 雨を採集する。
- (4) 集めた雨の酸性度を調べる。
- (5) 雨のpHに影響を与える要因を考察し、発表する。

準備するもの

- ・ビーカー
- ・ビニールシート
- ・pH測定用パックテストチューブ
- ・時計 ・カメラ

②酸性雨が発生するメカニズムを調べよう

【水槽の内部の湯気を対流させて、降雨と水の循環に見立て、この中でティッシュペーパーを燃やして水滴のpHの変化を調べる】

- (1) 実験装置を組み立て、ティッシュを燃やす。
- (2) 水槽の中の水滴の様子を観察するとともに、万能試験紙の色の変化から水滴のpHを調べる。
- (3) 観察・実験の結果をもとに、酸性雨の被害を少なくするために、自分たちに何ができるのかを話し合う。

準備するもの

- ・水槽（フタ付き）
- ・万能pH試験紙
- ・蒸発皿 ・ビーカー
- ・ティッシュペーパー
- ・マッチ
- ・スチロールカップ
- ・お湯 ・水 ・食塩



水・大気・土

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

【①雨がどのくらい酸性に傾いているのかを調べよう】

- ・酸性度の指標としてpH（ピーエイチ）がある。この数値が小さい方が、酸性が強いことになる。雨水のpHが5.6以下になると酸性雨という。
- ・この活動では、一番簡単にできるBCG（プロモクレゾールグリーン）のパックテストを取り上げた。測定範囲はpH6.2～3.6までで、0.2間隔で測定可能である（14段階）。pHの測定には、万能pH試験紙、ガラス電極pH計、パソコンとつなぐpHセンサー等があるが、万能pH試験紙は誤差が大きく、ガラス電極pH計、pHセンサー等は高価であり、手軽に測定することには向いていない。
- ・人間活動により空気中に放出された酸性物質（硫黄や窒素の酸化物）が雨に溶け込んで地表に降ってくると、酸性雨となる。雲ができるときに空気中の酸性物質自体が雲粒の核となる場合と、雲から雨粒が落ちてくるときにその経路上に漂っている酸性物質を取り込む場合があり、これらが組み合わさって酸性雨が降る。降り始めの雨粒が空気中の酸性物質を取り込んで洗い流すので、雨が降り続けるとその酸性度がだんだんと弱くなっていくことがある。

【②酸性雨が降るメカニズムを調べよう】

- ・この活動は、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素の発生を酸性雨の原因としたモデル実験である。実際の酸性雨は、二酸化炭素の他に窒素酸化物（ NO_x ）や硫黄酸化物（ SO_x ）が溶け込むことにより、酸性が強まっている。本活動において石油等を水槽内で燃焼させる方法も考えられるが、毒性を持つ硫黄酸化物等の気体も同時に発生するため、取り扱いに配慮した。

酸性雨発生のしくみ

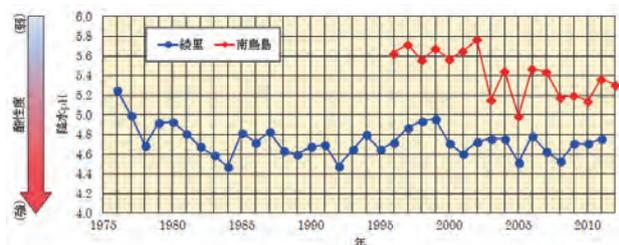


栃木県環境森林政策課発行「とちぎの環境辞典」より

○参考資料 生徒資料 酸性雨の経年変化の解説（気象庁 気象統計情報より）

気象庁では、降水のpHの観測を人為的な影響が比較的小さい大気環境観測所（岩手県大船渡市綾里）及び南鳥島気象観測所（東京都小笠原村南鳥島）の2地点で行っている。綾里（岩手県）の観測を開始した1976年直後はpH5.0より大きく比較酸酸性度が弱かったが、その後はpH4.4～5.0の範囲で推移しており、有意な変化傾向は見られない。南鳥島では、1996～2002年までpH5.5～5.8の範囲で推移していたが、近年はpHの低下が見られている。

南鳥島における2003年及び2005年のpHの顕著な低下は、南鳥島の南西約1200kmにある北マリアナ諸島アナタハン火山における噴火活動が活発化したことによる、火山ガスの流入が原因の一つと考えられている。しかし、2008年以降pHが低く2002年以前の値に戻っていないことや、他機関が実施している小笠原村父島での降水pHの観測値にも年により変動があるもののpHの低下傾向が見られることから、大陸から輸送されてきた酸性物質の影響を受けている可能性も否定できない。南鳥島のpH低下が一時的なものかどうか、今後の推移を注視していく必要がある。



降水の酸性度の経年変化（気象庁 気象統計情報より）

○学習活動2にあたって参考となる文献

岡本研「学習意欲を高める体験的な地学の教材・学習プログラムの開発」
北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要22号（2010）



酸性雨とその発生するメカニズムを調べよう

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

①雨がどのくらい酸性に傾いているのかを調べよう

○雨を採集して酸性度を調べる。

【雨水の採集方法について】

- ・容器や手の汚れは pH 値に大きく影響する。容器や手をきれいにすることはもちろんのこと、サンプルに直接手をふれないことや、容器に石けんの成分が残らないようにする。
- ・はねかえり、木からのしずく、屋根からのしずくなどが混入しないようにする。

【pH 以外に記録しておくもの】

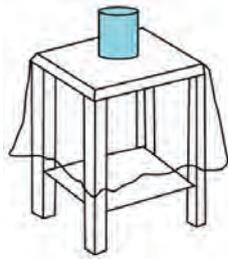
- ・「雨の降り始めとしばらくしてから」「霧雨と強い雨」「風があるときとないとき」「道路に近い場所と遠い場所」などによって酸性度が変わる可能性があるため、日時だけでなく、場所や天気、風の有無も記録しておく。

- 準備するもの
- ・ビーカー
 - ・ビニールシート
 - ・pH測定用パック
 - ・テストチューブ
 - ・時計
 - ・カメラ

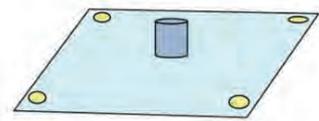
【採集方法】



はねかえり、木や屋根からのしずくなどが混入しないようにする。



地上から 30cm 以上はなす。



もしくは、1×1m以上のきれいなビニールシートの上に乗せてもよい。

結 果

場 所	日 時	pH	気象条件・採集場所の特徴など
	月 日 : ~ :		
	月 日 : ~ :		
	月 日 : ~ :		
	月 日 : ~ :		

考 察

測定結果を参考にして、雨の pH に影響を与える要因を考えてみよう。

②酸性雨が発生するメカニズムを調べよう

- (1) 水槽の内部にお湯の入ったスチロールカップを置き、フタの上に、氷と食塩が入ったビーカーを置き、水槽内で水滴(湯気)を対流させ、降雨と水の循環に見立てる。
- (2) 水槽の壁の内側と外側には、濡らした万能 pH 試験紙を貼り付ける。
- (3) 丸めたティッシュペーパーを入れた蒸発皿を入れ、人間の化石燃料の消費に見立ててティッシュペーパーを燃焼させる。
- (4) 水槽の中の水滴の様子と万能試験紙の色の変化を数分間観察し、水滴の pH の変化を調べる。

準備するもの

- ・水槽 (フタ付き)
- ・万能pH試験紙
- ・蒸発皿
- ・ビーカー
- ・ティッシュペーパー
- ・マッチ
- ・スチロールカップ
- ・お湯
- ・氷
- ・食塩



お湯は熱い方が湯気が蒸発しやすく、また、活発に対流も起こるため万能 pH 試験紙の変化も速い。また、ティッシュペーパーの燃える時間が短すぎる場合には、容器の中に酸素を多くしておくことも有効である。

結果と考察

- (1) 万能pH試験紙の色の変化から、水槽の外側の水のpHと水槽の内側の水(酸性雨)のpHを比較しよう。
- (2) (1) から確認できたことをまとめよう。

活動のまとめ

酸性雨の発生を減少させ、被害を少なくするために、私たちに何ができるだろうか。



大気の汚れを調べよう

時期 いつでも

時間 2時間

場所 教室

○大気汚染の原因物質についてインターネットや資料で調べ、これまでの対策によって改善が進んだものとそうでないものがあることを確認する。

ねらい

- ・大気汚染の原因物質について調べ、これまでの対策によって改善が進んだものとそうでないものがあることに気付かせる。
- ・大気汚染物質の測定結果を調べ、大気汚染の状況が改善された背景や課題として残されていることを確認させる。



水・大気・土

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第1学年） 「身の回りの物質」
理科（第3学年） 「科学技術と人間」「自然と人間」
- ・高等学校 理科（科学と人間生活） 「これからの科学と人間生活」

活動の内容

(1) 次の大気汚染物質の中から一つを選び、その物質について参考資料やインターネットで調べたことをワークシートにまとめる。

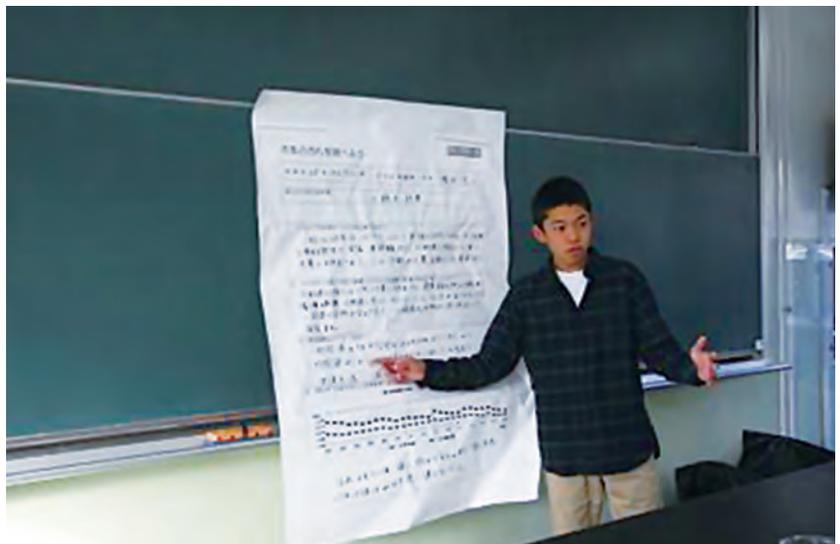
- ・二酸化硫黄 (SO₂)
- ・二酸化窒素 (NO₂)
- ・一酸化炭素 (CO)
- ・光化学オキシダント (Ox)
- ・浮遊粒子状物質 (SPM)
- ・フロンガス (CFCなど)
- ・微小粒子状物質 (PM2.5)

(2) 各自が調べて分かったことについて発表する。

(3) それぞれの発表をもとに、大気汚染の原因物質を少なくするために自分たちができることを考え、ワークシートにまとめる。

準備するもの

- ・大気汚染に関する観測資料や報告書など



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・測定データの考察については、生徒にとって理解しにくいものもあるので、必要に応じて質問の時間などを設ける。
- ・大気汚染の原因物質は種類も多く、原因と被害の因果関係は複雑である。また、光化学オキシダントは、汚染物質の濃度だけでなく、その日の気象状況にも影響を受ける。汚染物質を調べる活動の中で、これらの特性にも気付かせる。
- ・生物への影響は未だに把握されていない部分もある。人や植物への被害や影響が指摘されている例には次のようなものがある。
 - (例) 健康被害（眼・のどの痛み、ぜんそくなど）
光化学オキシダント、浮遊粒子状物質（SPM）との関連が指摘されている。
 - (例) しばしば取り上げられるが、原因やその影響が把握しにくいもの
幹線道路沿いの樹木への影響。気孔の汚れによる大気汚染調査。
 - (例) 環境対策が進んで濃度が低下した二酸化硫黄
二酸化硫黄とウメノキゴケなどの地衣類の分布及び生育状況の関連について示唆する研究結果がある。
 - (例) 汚染物質の濃度が横ばいで改善が進まない酸性雨やオキシダント
酸性雨やオキシダントによる朝顔の花や葉の変色との関連について示唆する研究結果がある。環境指標として用いられることが多い。
- ・大気汚染物質の観測データの記録や生物への影響を注意深く見ていく姿勢が大切であることに気付かせる。
- ・関連プログラムとして、「二酸化窒素の濃度を測定しよう」(p.94)がある。

○参考資料

- ・「平成25年度 環境の状況及び施策に関する報告書」栃木県（2013）
 - ※「大気環境の保全、大気環境の状況」では、栃木県のどこに測定局があるのか、何を測定しているのか、またその測定値の推移が示されている。二酸化硫黄、二酸化窒素、一酸化炭素、光化学オキシダント、浮遊粒子状物質、炭化水素などのグラフが示されており、これらは毎年更新されている。
- ・左巻建男 市川智文「誰にでもできる環境調査マニュアル」東京書籍（1999）
- ・「図で見る環境白書」環境省総合環境政策局環境計画課（2012）

○発展学習

文献などにしばしば見られる大気汚染の生物（植物）に及ぼす影響は、必ずしも、国内や県内で顕著に現れるとは限らないが、われわれ人間よりも大気の汚れに敏感な生物がいる。特に、植物は移動することができないため、大気が汚れるとその影響を常に受ける。これまでの調査や研究で大気の大気汚染の影響を受けやすいという報告がある地衣類の分布や生育状況、アサガオなどの被害について、資料で確認するとよい。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「とちぎの環境」 栃木県地球温暖化対策課 <http://eco.ecomori-tochigi.jp/>
- ・「そらまめ君」 環境省 <http://soramame.taiki.go.jp/>
- ・「環境数値データベース」 国立環境研究所 <http://www.nies.go.jp/igreen/>
- ・「環境GIS」 国立環境研究所 <http://tenbou.nies.go.jp/gis/>
- ・「環境に関する情報集」（一財）九州環境管理協会 <http://www.keea.or.jp/qkan/>



大気の汚れを調べよう

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

調べた大気汚染物質	
-----------	--

○大気を汚す物質を一つ選び、その物質と環境への影響について調べたり考えたりしよう。その結果をワークシートの1～7にまとめよう。

1	どのような物質か？ 主な発生源は何か？
2	われわれ人間の生活や健康にどのような被害や影響があると考えられているか？
3	環境基準では、どの程度の濃度や値に定められているか？
4	現在までの経年変化と環境基準の達成状況はどうか？



5 どのような対策がとられてきたか？ また、その効果は現れているか？

6 その他、調べてみて分かったことをまとめよう。

7 大気汚染の被害を少なくするために、私たちができることは何だろうか？

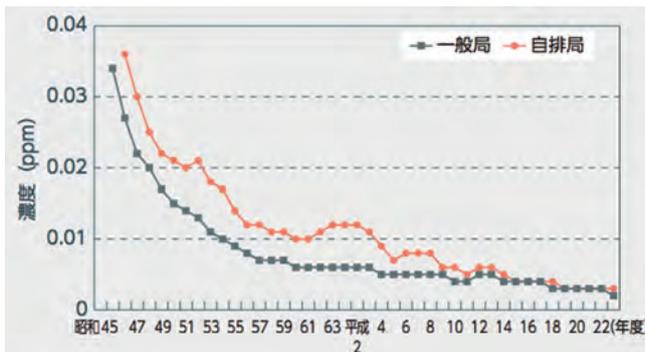


資料：大気汚染の状況

大気汚染が生物に及ぼす影響や被害については、ヒトへの健康被害だけでなく、他の生物の生息あるいは生育環境の悪化や分布域の減少など、様々な問題が指摘されている。大気汚染を起こす物質の種類は多いため、それらの原因物質ごとに観測や対策が進められている。ただし、光化学オキシダントのように複雑な機構で発生する原因物質もあるため、対策はそれほど簡単ではない。

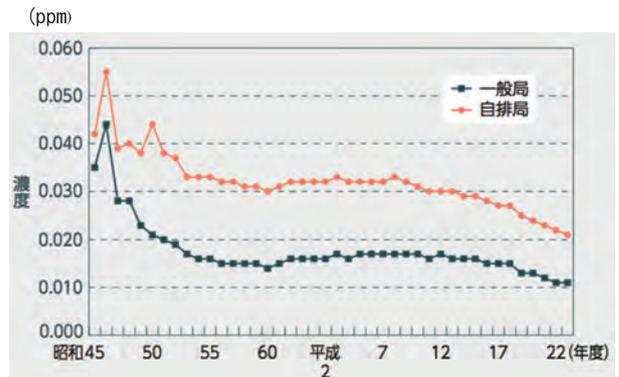
我が国の大気環境において、かつて公害の問題の中心的課題であった二酸化硫黄（図1）（環境基準値は1日平均値0.04ppm）や一酸化炭素などによる汚染については大幅に改善された。

二酸化窒素（図2）（環境基準値は1日平均値0.04~0.06ppm）や浮遊粒子状物質（SPM）（環境基準値は1日平均値0.1mg/m³ppm）などについても全国平均で環境基準を達成しているが、都市部を中心に、自動車交通量の増加や交通渋滞などにより、依然として深刻な状況にある。



出典：環境省・大気環境局「平成23年度大気汚染状況について」

図1 二酸化硫黄濃度の年平均値の推移



出典：環境省・大気環境局「平成23年度大気汚染状況について」

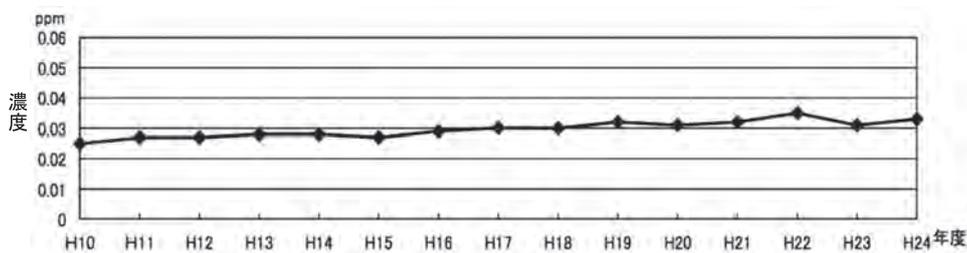
図2 二酸化窒素濃度の年平均値の推移

* 「一般局」「自排局」については、本ページ下を参照。

さらに、光化学オキシダント濃度における環境基準の達成状況は、依然として極めて低い水準となっている。本県では昭和60年以降の測定値が記録されているが、全国的な傾向と同様に、横ばいの状況が続いている（図3）。

酸性雨については、日本での被害は目立っていないが、二酸化窒素や二酸化硫黄が原因物質として指摘されており、その状況や影響については注意深く観測が続けられている。

近年、二酸化炭素など温室効果ガスの濃度の増加などによる地球温暖化を始めとする地球環境問題が深刻化しつつあるという認識が高まっている。一方、アジア地域など急速な工業化を遂げつつある諸国の経済活動の規模の拡大に伴って、窒素酸化物（NO_x）や二酸化炭素（CO₂）等の大気汚染物質の排出量が増大することが予想される。



出典：栃木県「環境の状況と保全に関して講じた施策」

図3 栃木県の光化学オキシダント濃度の推移（昼間の1時間値の年平均値）

※ 図1および図2の「一般局」と「自排局」について

- ・一般局：一般環境大気測定局。住宅地などの一般的な生活空間における大気汚染の状況を把握するため設置された測定局。
- ・自排局：自動車排気ガス測定局。交差点、道路、道路端付近など、交通渋滞による自動車排出ガスによる大気汚染の影響を受けやすい区域の大気状況を常時監視することを目的に設置される測定局。

資料：大気汚染の植物への影響

○大気汚染の度合いは、直接目で見てわかるものではないが、身近な生物などを利用することにより、おおよその判断が可能である。いくつかの例を紹介する。

1 光化学スモッグ

～ オキシダントによるアサガオの葉の変化 ～

○オキシダントにさらされた日の夕方か翌日の朝には、葉の表側の葉脈と葉脈の間が水に浸したようにやや薄い緑色に変色し、その2～3日後には、その部分が白くなり、小さな斑点をたくさん打ったようになる。そのようすにより、オキシダントが空气中に多量に含まれている可能性を知ることができる。

○さらに高濃度のオキシダントを受けると、葉の表面の葉脈間はかなり広い部分が灰白色に変色し、約1日後に葉脈間の一部は黒褐色に変色し、これが次第に拡大する。その後、変色した部分が枯れて脱落し、葉に穴があくこともある。

○光合成が活発に行われる葉に被害が生じやすいので、若い葉や古い葉には被害が生じにくく、つるの先端から10枚目ぐらいの葉に被害が生じやすいといわれている。

○アサガオの葉に変色が生じる原因として、病害虫や水不足、光量不足による葉の枯死状態もあるが、オキシダントによる被害は、葉の表側から生じることや、葉脈と葉脈の間に生じることから他の被害と区別することができる。



オキシダントによる葉の変化

水・大気・土

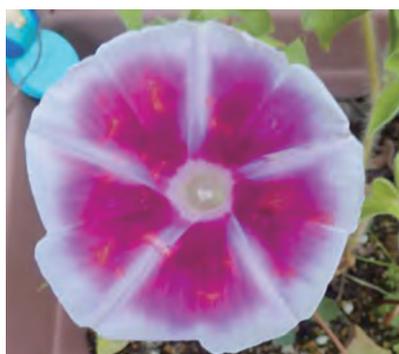


2 酸性雨【関連プログラム：酸性雨とその発生するメカニズムを調べよう (p.83)】

～ 酸性雨によるアサガオの花びらの変色 ～

○開花中の花びらに酸性雨がかかると、その部分の色が変わるので、そのようすにより酸性雨の可能性を知ることができる。

○少量の酸性雨なら、残った水滴の部分に斑点状に変色する。強い酸性雨が降り続くと花びら全体が変色してしまう。また、青い花はピンクに変色したりすることもある。雨の成分によっては、白く漂白されてしまうこともある。



酸性の水溶液を吹きかけることによるアサガオの花の変化（3種類のアサガオの変化のようす）

3 二酸化硫黄

～ ウメノキゴケの生育への影響 ～

(1) ウメノキゴケとは

○菌類と藻類の共生体である地衣類の一種。

○平地から低山地帯の樹皮上や岩石上に着生する。背面（表側）は灰白色～灰緑色。

○腹面中央部は黒色で光沢はないが、周辺部は淡褐色で光沢がある。背面には微小な突起（裂芽）が多数ついている。

○学校においては、ソメイヨシノの表面に付着して見られることが多い。



ソメイヨシノに着生するウメノキゴケ



葉状地衣類のウメノキゴケ



(2) 二酸化硫黄と生育の関係

○地衣類は、生育に必要な水分や養分のほとんどを基物（着生している樹木など）からではなく、雨水や霧などにたよっているため、大気中の汚染物質、特に二酸化硫黄が影響することが指摘されている。さらに、ウメノキゴケについては、年平均の二酸化硫黄濃度が0.02ppm以上の環境では生育できないことがわかっている。ただし、それ以外の要因が影響している可能性も否定できない。

○ウメノキゴケの着生頻度や最大面積から大気汚染の状況を推測する。

・着生頻度

地衣類の着生していた基物の数／観察した基物の数×100

※基物は樹木の場合、幹の太さ（目の高さで）がおおよそ20cm以上のものとする。墓石の場合は、光沢がない古いもの（地衣類が着生しやすい）とする。

・最大面積

調査した場所で見つけた最大の地衣類について、1cm方眼入りのTPシートを基物に当てて面積（cm²）を測定する。

- ・各調査地点の調査結果を1枚の地図上に書き込んで、大気の汚れの地域的な広がりが推定できる。
- ・二酸化硫黄による大気汚染が大きな問題となっていた1960年代から1970年代に比べその汚染状況は改善されているが、地衣類の成長速度は、年間数mmと大変遅いので、その時代の二酸化硫黄濃度の影響が現在の地衣類の分布に現れている可能性もある。したがって、1970年代の前半の二酸化硫黄濃度のデータと重ね合わせてみてもよい。
- ・市街地から郊外へむかう道路の歩道に植えてある街路樹について調査し、市街地中心部からの距離と葉状地衣の分布の関係を調べてみるのもよい。

資料作成において参考とした文献やWebサイト

- 大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」環境省 <http://soramame.taiki.go.jp/>
- 「とちぎの環境」栃木県地球温暖化対策課 <http://eco.ecomori-tochigi.jp/>
- 中村俊彦他「野外観察ハンドブック 校庭のコケ」全国農村教育協会（2002）
- 「WEB版地衣図鑑」 <http://homepage1.nifty.com/albedo-kobayashi/lichenflora-web.htm>
- 「地衣類の探求」国立科学博物館 <http://research.kahaku.go.jp/botany/chii/>
- 「ウメノキゴケで空気のごれを調べてみよう」ASAHIネット <http://www.asahi-net.or.jp/~ep3n-kizm/asobo/umenoki.htm>

二酸化窒素の濃度を測定しよう

時期 いつでも

時間 1～2時間

場所 屋外

- 酸性雨や光化学オキシダントなどの大気汚染の主な原因、気管支ぜん息などの呼吸器障害の原因となる二酸化窒素の濃度を測定する。
- 場所による二酸化窒素の濃度の違いを比較する。また、その理由を考える。

ねらい

- ・光化学スモッグや酸性雨などの原因物質となる二酸化窒素濃度の調査を行うことにより、身近な場所の空気の汚染に注目させる。
- ・場所による二酸化窒素の濃度の違いに気付かせ、大気汚染の発生原因について考えさせることにより、身の回りの環境の状態を知ろうとする態度を身に付けさせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年）「自然環境の調査と環境保全」
- ・高等学校 理科（化学）「無機物質」

活動の内容

- (1) 二酸化窒素を測定するねらいを確認する。
- (2) 調査場所を決める。校庭や自宅、交通量の多い道路の付近やトンネルの付近、交通量の少ない路地など、毎日の生活を振り返って調査場所を選ぶ。
- (3) 装置を組み立てる。
- (4) 吸引流量を調整する。
- (5) 吸引液を調整する。
- (6) 通気を開始する。二酸化窒素の測定では6L、粉じんの測定では合計9Lの空気を吸引する。同時に、まわりの環境や、天気、風向きについても調べる。
- (7) 調査のまとめとして、二酸化窒素濃度マップ（空気のごれマップ）をつくる。
- (8) 調査場所により空気中の二酸化窒素濃度に違いがでた理由を考え発表する。

※装置の組み立て、実験方法の詳細は生徒用資料（p.99）を参照。
※関連プログラムの「大気の汚れを調べよう」（p.87）を参考にするとよい。

準備するもの

- ・簡易ペットボトルポンプ
- ・二酸化窒素測定部
- ・粉じん測定部
- ・水質分析用パケットテスト
- ・ガラス繊維ろ紙
- ・温度計
- ・乾湿計
- ・方位磁石
- ・ストップウォッチ



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・事前にその区域を歩いて、危険な場所をチェックしておく。
- ・はじめに、二酸化窒素濃度の測定法や結果の見方について十分説明する。
- ・調査の結果を地図などにまとめさせるとよい。
- ・濃度はその日の気象条件によって左右される。風が無くどんより曇った日は濃度が高くなり、雨上がりや、風の強い日は濃度が低くなる傾向がある。
- ・樹木、特にポプラなど落葉樹は二酸化窒素を吸収するはたらきがあるといわれ、樹木が多い場所では二酸化窒素濃度は低くなる傾向がある。
- ・屋外だけでなく、屋内（石油ファンヒーター、ガスレンジの近く）にも目を向けて実験してみる。

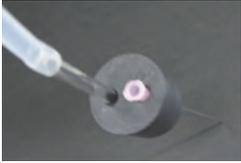
○参考資料

- ・国の二酸化窒素に関する環境基準は、「1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。(S53.7.11告示)」となっている。
- ・装置の作り方は以下のとおりである。

【簡易ペットボトルポンプの作り方】

<p>1. 2本の2Lのペットボトルそれぞれの外壁に、目盛りを油性ペンで描く。(目盛りの位置は、メスシリンダー等で計った一定体積の水を入れて決定する。)</p>		<p>2. 別の2本の2Lペットボトルそれぞれを輪切りにし、右の写真のような台座を二つ作る。台座の下部から長方形を切り取り、シリコン管を通すゲートを作る。</p>	
<p>3. 約1.5mのシリコン管の両端に、5cm程度のガラス管を装着する。さらにガラス管の他端には、それぞれ2~3cmのシリコン管を装着する。</p>		<p>4. 目盛りを描いたペットボトル底部に、はんだごてを用いて3のガラス管の径より少し大きめの穴を開ける。そして3のガラス管を通す。 *シリコン管がパッキンの役割をし、水漏れや抜けるのを防ぐ。</p>	
<p>5. 目盛りを描いたペットボトルと台座を装着する。ペットボトルの底から伸びるシリコン管は、台座のゲートをくぐらせる。</p>		<p>6. ペットボトルの底から伸びたシリコン管を折り曲げ、ダブルクリップ(写真右下)で挟み、管を閉じる。 *さらにピンチコック・ホフマン型(写真左上)を用いると、流量の調節が可能となる。</p>	

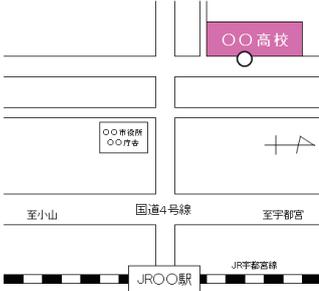
【吸収管(二酸化窒素濃度測定部)の作り方】

<p>1. ペットボトルに装着するゴム栓とスクリー管に装着するゴム栓それぞれに8cmのガラス管を通し、ゴム栓の上部同士を50cmのシリコン管で接続する。</p>		<p>2. スクリュー管用のゴム栓には、分注用ノズルを通すφ5mm程度の穴も開け、ノズルを通す。 *分注用ノズルの代わりに、φ2mmの工作用ステンチューブやヘアスプレーのチューブなどを使ってもよい。</p>	
--	---	---	---

【吸収管(粉じん測定部)の作り方】

<p>2本のツベルクリン用1mLシリンジの注射筒同士を、2個のダブルクリップ(小)で止め、片方の注射筒をスクリー管の注射針に装着する。 *粉じんの量を測定するときは、2本の注射筒の間に粉じん測定用のガラス繊維ろ紙を、裏表を間違えないよう挟む。大気が吸引される際に、粉じんがろ紙へ吸着されていく。</p>	
---	---

○ワークシート記入例

測定地点	〇〇学校正門前		
測定日	2013年 8月 21日(水)		
測定時刻	8時 15分 ~ 9時 25分		
測定時間	1時間 10分		
天気	晴れ		
気温	31℃	湿度	65%
風向	南東	風速	弱い・普通・強い
車の通行量 (各2分間の通行台数)	乗用車(小型車)		大型車
測定開始時	44台		3台
測定中(開始から30分後)	22台		3台
測定終了時	24台		1台
車の通行量の平均 (3回測定の平均台数)	30台		2.3台
二酸化窒素濃度	0.5	空気吸引量	6L
粉じんの汚れ	無	空気吸引量	9L
測定地点概略	 <p>道路以外の施設など</p> <p>ガソリンスタンド 工場 国道 駅</p>		
調査場所を決めた理由	毎日登校で利用している道路で、車の交通量もある程度あり、どのくらい空気が汚染されているのか知りたいと思ったから。		
空気中の二酸化窒素濃度に違いがでた理由	(空気よごれマップを作成後、記入する。)		



○発展学習

大気環境を調べる。

普段は実感しにくい大気の汚れについて、実際に測定や調査を試みることにより、環境への関心が高まる。中学生による市販キットを活用した自由研究と高校生による自作器具を用いた大気環境調査の例を紹介する。

〔市販キットを活用した自由研究〕

		
気体検知管による大気の測定	大気と自動車の排気ガスとの比較	シリカゲルによる排気ガスの水分除去

〔自作器具を用いた大気環境調査〕

		
大気中の二酸化窒素濃度の測定	大気中の粉じんをろ紙上に集める	自作の粉じん状物質の収集器

○活動にあたって参考となるWebサイト

- ・「環境省大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）」 環境省 <http://soramame.taiki.go.jp/>
- ・「大気汚染濃度予測図」 国立環境研究所 <http://envgis5.nies.go.jp/osenyosoku/>

プログラムの作成において参考とした文献やWebサイト

- 「大気汚染に係る環境基準」 環境省 <http://www.env.go.jp/kijun/taiki.html>
- 「栃木県/大気環境」 栃木県庁 <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d03/taiki/taiki.html>
- 「埼玉県サイエンスインストラクター成果実践発表会資料」
<http://www.center.spec.ed.jp/dejikon/ja/dezicon/detyu05/sifes/13AIR/air02.htm>
- 「化学と教育」 Vol.52/No.2/2004の中のP96「化学実験虎の巻」（公社）日本化学会
http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AN10033386/ISS0000476707_ja.html

二酸化窒素の濃度を測定しよう

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

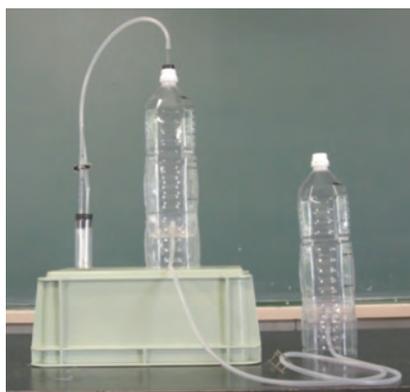
測定地点			
測定日	年 月 日 ()		
測定時刻	時 分 ~ 時 分		
測定時間	時間 分		
天気			
気温	℃	湿度	
風向		風速	弱い・普通・強い
車の通行量 (各2分間の通行台数)	乗用車(小型車)		大型車
測定開始時	台		台
測定中(開始から30分後)	台		台
測定終了時	台		台
車の通行量の平均 (3回測定の平均台数)	台		台
二酸化窒素濃度		空気吸引量	6 L
粉じんの汚れ		空気吸引量	9 L
測定地点概略	道路以外の施設など		
調査場所を決めた理由			
空気中の二酸化窒素濃度に違いがでた理由			



○二酸化窒素濃度の測定方法

●用意するもの：

- ・簡易ペットボトルポンプ
- ・吸尿管
(二酸化窒素測定部+粉じん測定部)
- *二酸化窒素濃度測定部のノズルを、蒸留水1mLを加えたパックテスト(亜硝酸測定用)チューブ内の溶液中に挿し込む。
- *粉じん測定部の2本の注射筒の間にガラス繊維ろ紙を挟み、2個のダブルクリップで固定する。



吸尿管と簡易ペットボトルポンプ



吸尿管

●実験方法

- (1) ペットボトルA(赤)に2L, B(黄)に0.5Lの水を入れ吸尿管を取り付ける。(シリコン管：閉)
- (2) シリコン管からクリップをはずし(開), 水(1分間に100mL程度)を流し, 空気を吸引する。
- (3) Aが0.5LになったらAとBの間のシリコン管をクリップで挟み(閉), 吸尿管をはずす。
- (4) Bに吸尿管を付け替え, AとBを逆にセットした後, シリコン管からクリップをはずす(開)。
- (5) 必要な空気量が吸引されるまで(2)～(4)を繰り返す。



(1)



(2)



(3)



(4)

【簡易ペットボトルポンプを使用する際の注意】

- ・水漏れ, 空気漏れのチェックを行う。
- ・シリコン管内に残った空気を完全に抜いた後に測定を開始する。
- ・ガラス繊維ろ紙の裏表に注意する。格子模様が裏側である。
- ・二酸化窒素測定部の通気部分(ノズルの先端部)は測定後きれいに洗浄する。試薬等で汚れていると, 通気前に発色するなど測定結果に大きな影響を与える。
- ・吸尿管の付け替えの手順を誤ると試薬の逆流が起こるので注意する。
- ・夏季は水道水と気温の差があるので, ペットボトルに水を入れた直後に行う場合, ペットボトル内の水の膨張に注意する。
- ・高位置のペットボトルの水位が下がると, 流量も低下する。高位置のペットボトルを若干高くし流量を一定にする方法があるが, 操作に慣れてから行う。
- ・環境測定は天気・風向・風速・気温・湿度・測定時刻・交通量などを記録する。測定結果の判断材料となる。

「土」を調べよう ～黒土と赤土～

時期 いつでも

時間 1時間

場所 教室

○黒土と赤土を観察し成り立ちの違いを考える。

ねらい

・関東地方で代表的な黒土と赤土の特徴を調べ、生物の作用により差が生じたことを理解させる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎） 「生態系とその保全」
農業（農業と環境） 「作物をとりまく環境とその管理」

水
大気
土

活動の内容

(1) 近くに土の断面がわかる場所を探し、移植ごてで黒土と赤土を採集する。

(2) 黒土と赤土（図1）をそれぞれビーカーやガラス瓶の下から3分の2ぐらいまで入れて水を注ぎ（図2）、振ったりかき混ぜたりする（図3）。

準備するもの

- ・移植ごて
- ・ガラス棒
- ・300mLビーカー（ガラスビン）
- ・バット
- ・ふるい

(3) 約20分後にビーカー（図4）を観察し、どのようになっているかをワークシートに記録する。

(4) 水面に浮かんでいるものがあれば、それをふるいなどですくいとる。水を切り、バットに広げて観察し、どのようなものがあるかを記録する。

(5) 底に沈んでいる土の状態をよく観察し、そのようすを記録する。

(6) 黒土と赤土を比較し、黒土はどのようにしてできたのかを考える。



図1 黒土と赤土

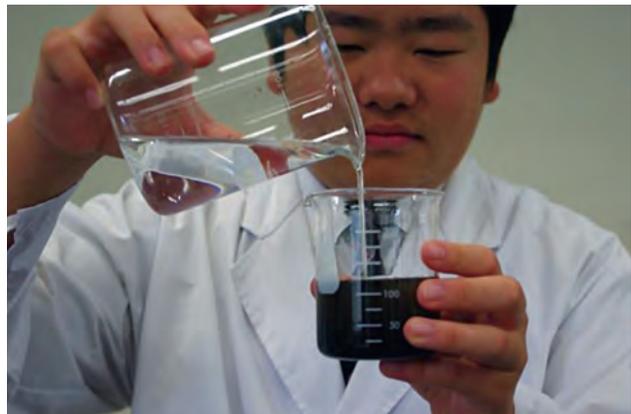


図2 静かに水を注ぐ



図3 ガラス棒などでかき混ぜる



図4 ビーカーのようす



水・大気・土

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・黒土と赤土は火山灰を共通の素材としているが性質が異なる。黒土には、植物の種子、落ち葉、枯れ枝、枯草や動物の遺骸が土壌生物や微生物により分解を受けて作られる腐植が含まれる。このように、黒土の成り立ちには生物が作用していることを理解させたいので、活動の内容(3)では濁りの状態、水面に浮かんでいるもの、底に沈んでいるものがあるかどうかに着目させる。活動の内容(5)では底に沈んでいる粒の大きさや色の違いなどに着目させる。
- ・このプログラムは「『土』を調べよう～気相率～」(p.103)の先に実施することが望ましい。
- ・黒土と赤土の成り立ちの違いを考えるにあたって、「土壌中の小動物を調べよう」(p.106)、「土壌微生物によるタンパク質の分解」(p.110)を参考にするとよい。

○参考資料

- ・黒土と赤土について
 - 黒土：関東地方に広く分布する火山灰土（いわゆる関東ローム）の表層土で、黒ボク土ともいう。腐植を多く含み、土壌の粒子がまとまる団粒構造をとっているため軟らかい土である。
 - 赤土：関東ロームの黒土の下層、鹿沼土の上層にある。有機物を含まない粘質の火山灰土で弱酸性である。
 - 栃木県に広く分布する黒土と赤土はどちらも火山灰を素材としている。この火山灰はアルミナ（酸化アルミニウム）を多く含み、有機物を結合する性質があるため黒土は腐植を多く含む。
- ・植物が健全に育つためには土の通気性、排水性、保水性、保肥性などが適切でなければならない。黒土は一般的に赤土に比べてこれらの性質に優れているので植物が育ちやすい土であるといえる。しかし、黒土には病原菌や雑草の種子なども含まれることが多い。そこで、草花を栽培する農家や水稻の育苗用土などでは地下から赤土を掘り起こし、粒子の大きさで分別した赤玉土を使用している。そのままでは黒土に含まれる腐植が不足するので、腐葉土や堆肥、ミズゴケが堆積してきたピートモスなどを加えて改良して用いている。

黒土と赤土の成り立ちを調べよう

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

1 濁り具合を記録しよう。

黒土		赤土	
----	--	----	--

2 水に浮かんでいるものや沈んでいるものを記録しよう。

	黒土	赤土
浮かんでいるもの		
沈んでいるもの		

3 結果から黒土はどのようにしてできたか考えてみよう。



「土」を調べよう ～気相率～

時期 いつでも

時間 2時間

場所 教室

○市販の園芸用素材を用いて気相率の実験を行い、土が持っている性質や落ち葉の果たしている役割を体験的にとらえる。

ねらい

・気相率の違いや排水にかかる時間の差などから、森林において落ち葉が果たしている役割を理解させる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年） 「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎） 「生態系とその保全」
農業（農業と環境） 「作物をとりまく環境とその管理」

活動の内容

(1) 装置の作成

2Lのペットボトルに1Lの水を入れ、ふたを閉めて上下を逆にする。油性ペンで水面の位置に印をつけるなどして、1Lの標線をつける。その後、水は捨てる。



図1 加工したペットボトル

標線からペットボトルの底に向かって3～4cmの位置で切断する。ペットボトルの口側を切断した底側に差し込んで使用すると安定する（図1）。土が流れないように15cm四方に切断した不織布をペットボトルの口に広げて当て、キャップをしめる。

準備するもの

- ・赤玉土細粒
- ・腐葉土
- ・500mLビーカー
- ・ポリ袋
- ・2Lペットボトル
- ・カッター
- ・不織布
- ・油性ペン
- ・メスシリンダー
- ・はかり（2～3kgの重さを計測できる）
- ・木の棒（直径2cm程度）

(2) 用土の混合・装置への投入

赤玉土と腐葉土（図2）を次の体積比で混合し、それぞれ1L強つくる。

- i 赤玉土（細粒） 100%
- ii 赤玉土（細粒） 75% 腐葉土25%
- iii 赤玉土（細粒） 50% 腐葉土50%

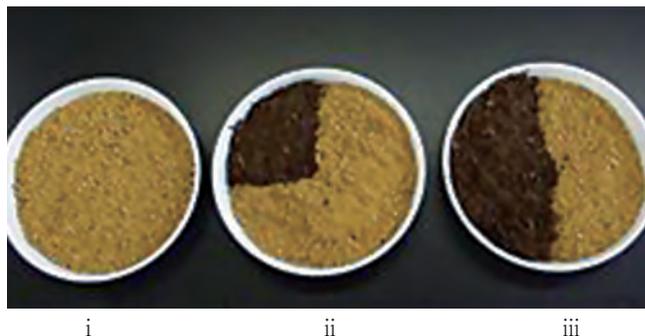


図2 赤玉土と腐葉土

混合する際にはビーカー等の容器で体積を計測してから袋に入れて混ぜる。混ぜた用土を最初は不織布がずれないように静かに入れ、途中何度かペットボトルを机に突きながら1Lの標線まで入れる。

(3) 気相率の測定

1Lの標線の場所まで水道水をゆっくりと入れる。装置を持ち上げキャップをビーカーの上でゆるめ、水を排出する。出てきた水の体積が用土の中の空間（気相）を意味するので、メスシリンダー（mL）やはかり（g）で排出された水の量を計測し、ワークシートに記入する。1L中何%が気相であったか求める。

(4) 腐葉土の役割を調べる

(3)で測定した用土を木の棒を用いて50回程度突いて圧縮する（図3）。ワークシートに圧縮した際の手ごたえや、圧縮により標線からどのくらい下まで用土が固まったかなどを記録する。上部を平らにならし、再び用土が水にひたるまで水道水を入れる。再びキャップをビーカーの上でゆるめ、水を排出し出てきた水の体積をメスシリンダー（mL）やはかり（g）で計測し記入する。

結果をもとに、腐葉土はどのような役割を果たしているか考える。



図3 木の棒による圧縮



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・使用するペットボトルはなるべく薄いものが切断しやすい。
- ・植物の根も呼吸をしているため、土の中の空間である気相はガスの交換、余分な水分の排出等において重要な役割を果たしている。排出されるまでにかかった時間についても観察させるとよい。
- ・赤玉土は赤土を砕き、ふるいを通して粒の大きさをより分けたものである。雑草の種子や病原菌が混入していないため、植物栽培の基本用土としてよく用いられている。
- ・(3)で求められる気相率にi～iiiで大きな差はみられないが(4)の操作を行うことで赤玉土のみのiは圧縮されてしまう。一方、iiiは腐葉土が間に入っているため弾力があり、圧縮に対してより強い。(3)の状態は耕された状態に近く、その後人に踏まれたり、雨に打たれるなどした状態が(4)であるととらえることができる。
- ・腐葉土は通気性・保水性に優れ、用土に混ぜることで通気性・保水性を改善する効果がある。また、分解が進むにつれて土の粒子と粒子を接着させて団粒化を促進する効果も知られている。他に、腐葉土が含む微量元素を分解に応じて放出することや、土の緩衝能を高めることも知られている。
- ・このプログラムは「『土』を調べよう～黒土と赤土～」(p.100)の後に実施することが望ましい。

○発展的な学習

- ・分析で使った土に直接種をまいたり、苗を移植するなどして植物の成長に腐葉土が与える影響を調べる。この場合、肥料を新たに加える必要があるので、栽培する植物に合わせて配合する。ハツカダイコンやコマツナは時期を選ばず栽培が可能である。
- ・園芸用の資材には腐葉土以外にも様々な資材が販売されている。腐葉土以外の資材を混ぜた場合にはどのように変化するか調べる。

気相率の変化を調べよう

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

1 気相率の測定をしよう。

用土	排出された水の量	気相率 (%) = 排出された水の量 ÷ 10
i 赤玉土 (細粒) 100%		
ii 赤玉土 (細粒) 75% 腐葉土 25%		
iii 赤玉土 (細粒) 50% 腐葉土 50%		

* 排出された水の量は mL もしくは g で計算する。

2 棒をついた際の手ごたえや圧縮のようすを記録しよう。

	手ごたえ	圧縮のようす
i 赤玉土 (細粒) 100%		
ii 赤玉土 (細粒) 75% 腐葉土 25%		
iii 赤玉土 (細粒) 50% 腐葉土 50%		

3 圧縮後に排出された水の量を調べよう。

用土	排出された水の量
i 赤玉土 (細粒) 100%	
ii 赤玉土 (細粒) 75% 腐葉土 25%	
iii 赤玉土 (細粒) 50% 腐葉土 50%	

* 排出された水の量は mL もしくは g で計算する。

4 結果から腐葉土が果たしている役割を考えてみよう。



水・大気・土

土壌中の小動物を調べよう

時期 いつでも

時間 2～4時間

場所 身近な土のある場所，理科室

- 身近な落ち葉や枯れ草，土の中などにどんな小動物がすんでいるか調べる。
- どのような土壌中の小動物が，どのような場所を選んですんでいるのか調べる。
- いろいろな土壌中の小動物がすめる場所は，どのような場所か。みんなで考える。

ねらい

- ・身近な落ち葉や枯れ草，土の中などの小動物の存在と多様性に気付かせる。
- ・土壌生物の役割に気付かせる。
- ・土壌中の小動物と他の生物たちとの関わりについて，物質の循環の観点から考えさせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年）「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎）「生態系とその保全」

活動の内容

- (1) 地面におよそ50cm×50cmの範囲を決め，落ち葉や土を10～20cmくらいの深さまで掘り取り，プラスチックのケースに入れる。はい出してきた大きめの小動物はピンセットなどを使って採集する。
- (2) 掘り取った落ち葉や土，小動物を持ち帰り，それらの混ざったものを無地の紙の上に，少しだけとる。そして，目に見える小動物を見つけて，バットや水の入ったシャーレに集める。集め方は，ピンセットを使う他に，生物を傷つけないように割り箸や小筆などを利用するとよい。
- (3) 集めた小動物をルーペや実体顕微鏡を使って観察し，ワークシートに記録する。年月日，調査地点のようすを記録し，種類ごとに確認した動物の個体数を記入する。
- (4) 調査用紙のA，B，C各グループの動物の番号に○をつけ，Aは5点，Bは3点，Cは1点をかけて，その合計点を計算する。調査用紙のA，B，C各グループの動物については，CよりもB，BよりもAのグループに分類した動物ほど自然の豊かな環境に生息していることが知られており，この違いを点数化して比較する。合計点は，土壌中の小動物の生息状況から見たそれぞれの調査地点の自然の豊かさの程度を表す。

準備するもの

- ・プラスチックのケース
(少量に分ければ，ビニール袋でもよい)
- ・無地の紙
- ・ピンセット
- ・割り箸（小筆）
- ・移植ごて
- ・ルーペ
- ・実体顕微鏡
- ・スコップ
- ・軍手
- ・バット



土壌中の小動物について調べよう

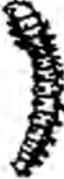
実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

調査地点			
調査地点のようす ※土のかたさや植物の特徴など			
	生物名(およびその体長)	個体数	個体数
A グ ル ー プ	1	ザトウムシ(3~5mm)	
	2	オオムカデ(4~13cm)	
	3	陸貝(2mm~3cm)	
	4	ヤスデ(1~5cm)	
	5	ジムカデ(3~5cm)	
	6	アリツカムシ(1~3mm)	
	7	コムカデ(4~7mm)	
	8	ヨコエビ(3~10mm)	
	9	イシノミ(10~15mm)	
	10	ヒメフナムシ(4~7mm)	
B グ ル ー プ	11	カニムシ(2~4mm)	
	12	ミミズ(3~40cm)	
	13	ナガコムシ(3~4mm)	
	14	アザミウマ(1.5~3mm)	
	15	イシムカデ(15~25mm)	
	16	シロアリ(3~8mm)	
	17	ハサミムシ(1~3cm)	
	18	ガ幼虫(3~20mm)	
	19	ワラジムシ(3~12mm)	
	20	ゴミムシ(5~20mm)	
	21	ゾウムシ(4~8mm)	
	22	甲虫(幼虫)(3~30mm)	
	23	カメムシ(2~6mm)	
	24	甲虫(0.5~30mm)	
C グ ル ー プ	25	トビムシ(1~3mm)	
	26	ダニ(0.3~3mm)	
	27	クモ(2~10mm)	
	28	ダンゴムシ(5~13mm)	
	29	ハエ・アブ(幼虫)(2~20mm)	
	30	ヒメミミズ(5~15mm)	
	31	アリ(2~10mm)	
	32	ハネカクシ(3~10mm)	
(見つかったAグループの数)×5			
(見つかったBグループの数)×3			
(見つかったCグループの数)×1			
合計点			

- 自然状態の目安として、次のような判定基準があります。
- ・合計点が30点以下の場合 … 「かなり人間に荒らされた状態」
 - ・合計点が60点以上の場合 … 「かなり自然が豊かな状態」



土壌生物調査のための簡易検索図

A グループ	1 ザトウムシ	2 オオムカデ	3 陸貝	4 ヤスデ	5 ジムカデ
					
B グループ	6 アリツカムシ	7 コムカデ	8 ヨコエビ	9 イシノミ	10 ヒメフナムシ
					
C グループ	11 カニムシ	12 ミミス	13 ナガコムシ	14 アザミウマ はね有り	はね無し
					
	15 イシムカデ	16 シロアリ	17 ハサミムシ	18 ガ幼虫	19 ワラジムシ
					
20 ゴミムシ	21 ソウムシ	22 甲虫 (幼虫)	23 カメムシ	24 甲虫	
					
25 トビムシ	26 ダニ	27 クモ	28 ダンゴムシ	29 ハエ・アブ (幼虫)	
					
30 ヒメミミス	31 アリ	32 ハネカクシ			
					



土壤微生物によるタンパク質の分解

時期 いつでも

時間 2時間

場所 学校の敷地

○土壤中の微生物によって、写真のフィルムの有機物（タンパク質）が分解されていくようすを観察する。

ねらい

- ・土壤中で分解者としてはたらく、目に見えない微生物の存在を実感させる。
- ・いろいろな場所の土について調べることで、環境の保全に必要な土壌とは何かを考えさせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 理科（第3学年）「自然と人間」
- ・高等学校 理科（生物基礎）「生物の多様性と生態系」

活動の内容

- (1) カラーズライド用フィルムを露光しないで現像に出し、マウントしてもらう。
- (2) 花壇、グラウンド、樹木の下など、いろいろな場所の土を採集して、1か所についてそれぞれ同じ大きさの2つのビーカーに分けて入れる。

準備するもの

- ・移植ごて
- ・蒸留水
- ・カラーズライド用フィルム
- ・ビーカー（300mL用）
- ・ラップ
- ・電子レンジ



土壤採集の様子

- (3) 2つのビーカーのうち一方はラップをかけて電子レンジで約15分間加熱し、土壌を殺菌する。殺菌後、水が蒸発してしまった場合は蒸留水を適量加え、土壌に湿り気を与える。



電子レンジによる加熱

- (4) それぞれのビーカーの土に、黒く現像されたスライドフィルムをマウントの上部が少し残る程度まで差し込み、ラップをかけて5～7日程度放置する。
- (5) フィルムを回収し、静かに水洗いしてから自然乾燥させる。変色した部分がどのくらいあるか、それぞれの場所について殺菌したものと比較する。また、採集した場所による違いを比較し、結果の違いがどうして起こったのかを考える。



活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・カラーライド用フィルムには、イエロー、マゼンタ、シアンの3色の感光層があり、これらはゼラチン（タンパク質）乳剤によって埋め込まれている。表層のゼラチン乳剤が分解されると、その程度に応じて3色の感光層が見えてくるが、さらに分解が進むと感光層がなくなり透明になる。
- ・時期によって分解に必要な日数が異なるので、あらかじめ土壤中に差し込んでおく日数を調べておく必要がある。夏季は分解が急速におこるので、直射日光の当たらない風通しの良い廊下などで行う。冬季は気温が低いので、部屋の中で行う。
- ・フィルムを抜き取って付着している土を洗い流す際、ゼラチン層が流れてしまう場合もあるので、こすったり、長時間、水に浸したりしないよう注意する。
- ・土壌に含まれる水分量によって分解の程度が異なるので、土を採集するのは降雨後一定時間後にするとよい。また、各場所で同時刻に採集する。土が極端に乾燥している場合は、条件を統一するために、土が少し湿る程度に蒸留水を加えるとよい。
- ・電子レンジによる殺菌が不完全な場合もあるので、約15分間の加熱後に冷ましてから、もう一度15分間加熱するとよい。また、圧力鍋などを用いて高压滅菌する方法もある。加熱殺菌後、土が熱くなっているため、ビーカーを氷水に入れ、冷却してからフィルムを土に差し込むとよい。

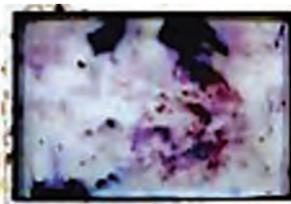
○活動場所や材料の情報

- ・生徒が授業中に土を採集することを考えると、活動場所は学校内で行うことが望ましい。
- ・カラーライド用フィルムは現像に出し、マウントするのに一週間ほどかかるので、実験を行う日までの時間を考慮して、実験計画を立てることが必要である。

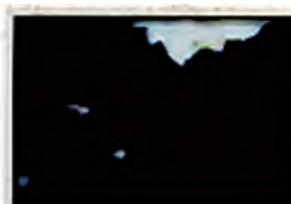
○実験結果の例



実験前



花壇の土 (5日後)



校庭の土 (5日後)



加熱した校庭の土 (5日後)

○発展学習

できるだけ多くの場所で土壌を採集し実験を行うと、さらに詳しい結果やデータが得られ、土壌による傾向の差がよくわかる。また、同じ場所の土壌でも天候や季節によってどのような違いが得られるのか、経年的変化の調査、広葉樹や針葉樹など色々な樹木の下を調べ、土壌細菌の生育に適した条件の調査も考えられる。また、堆肥や腐葉土などを使って実験を行い、結果を考察することで、土壌の豊かさや植物の生育に適した条件を関連して考えることができる。土壌の生物の多様性については、「土壌中の小動物を調べよう」(p.106)を参考にするとよい。

プログラムの作成において参考とした文献やWebサイト

○村杉幸子 「やさしい微生物実験」 ニュー・サイエンス社 (1986)

○須永宏 「カラーライドフィルムによる土壌と水質の調査」 遺伝第46巻3号 (1992)

○「土の中の小さな生き物の呼吸を見てみよう」 島根県環境学習プログラム

<http://www.pref.shimane.lg.jp/kankyo/education/puroguramu3.html>

○「身近な物を利用した土壌中および水中の微生物による分解のはたらき」 岐阜県学校間総合ネット

<http://www.gifu-net.ed.jp/kyoka/rika/risu-tebiki/31/31-risu-top.htm>

○「土壌中の微生物の働き」 北海道立教育研究所附属理科教育センター

http://www.ricen.hokkaido-c.ed.jp/?page_id=419

土壌微生物によるタンパク質の分解

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

天候 ()	気温 (°C)
採集場所	土の特徴 (色, 湿り気, 土の粒の大きさ)
1	
2	
3	
4	

結果：スライドのようすを簡単にスケッチしよう。気付いたことやフィルムの変化を記入しよう。

	そのまま埋めたもの		電子レンジで処理したもの	
1	フィルムのように [] →	気付いたこと	フィルムのように [] →	気付いたこと
2	フィルムのように [] →	気付いたこと	フィルムのように [] →	気付いたこと
3	フィルムのように [] →	気付いたこと	フィルムのように [] →	気付いたこと
4	フィルムのように [] →	気付いたこと	フィルムのように [] →	気付いたこと

まとめ

○分解者の活動が最も盛んであると考えられる土壌はどこのものか。
○物質循環という観点から考えると、環境の保全に必要な土壌とは、どのような土壌か。



資料：環境にやさしい農業への取り組み

農業は食べ物を生産するだけでなく、田や畑が荒れることを防ぎ、住宅地などを洪水から防いでおり、さらに、水や空気などの自然環境を保全するなどの多くの重要な役割を果たしている。その一方で農業生産の効率性を重視するあまり化学肥料や農薬に頼りすぎる農業が環境に悪い影響を与えてしまうことが心配されるようになった。そこで、農業生産を安定させながらも化学肥料や農薬の使用量を減らした「環境保全型農業」に取り組む農家（「エコファーマー」という）が県内各地で農業を営んでいる。栃木県でも、化学農薬、化学肥料の利用量を従来の50%以上減らして栽培した農産物を「とちぎの特別栽培農産物Link-T（リンク・ティ）」として認証する制度を設けている。



○県内におけるバイオスタウン構想の取り組み

農林水産省では平成18年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」を策定し、戦略を受けて複数のバイオマス資源を地域循環させる構想としてバイオスタウン構想が提唱されている。

バイオスタウンではバイオマスの発生から利用までが効率的なプロセスで結ばれ、安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われることを目指している。バイオスタウンでは、農作物残渣、家畜排泄物、林地残材、食品廃棄物、下水汚泥といった未利用のバイオマスを効率的に集め、複合的に利用し、発電、発熱、プラスチック、素材、肥料や飼料などに変換されることになる。平成23年4月末現在、栃木県では茂木町・那須町・宇都宮市・小山市・日光市がバイオスタウン構想を発表している。

市町名	取組概要
茂木町	生ごみ、家畜排泄物、もみガラ、森林資源などあらゆる地域資源を堆肥化して「美土里たい肥」を製造、美土里たい肥栽培農産物認定事業も通して循環型社会を目指している。
那須町	地域資源によるエネルギーの地産地消を目指した「那須町地域エネルギービジョン」を策定し堆肥、廃食油からバイオディーゼル燃料（BDF）の製造、間伐材や木くずのペレットストーブへの利用を推進すると定めている。
宇都宮市	利活用方策として資源循環型農業の推進（わら、もみ殻、家畜排泄物等の堆肥化、メタン発酵）、エネルギー利用の推進（木質系バイオマスの燃料化）、有機質系廃棄物の再資源化の推進（食品系廃棄物、下水汚泥の堆肥化、廃食油のBDF化）、資源作物の普及（菜の花プロジェクト）などを推進している。
小山市	食品廃棄物の飼料化、堆肥化、メタン発酵、熱利用技術の活用、おやま菜の花プロジェクトの推進、家畜排泄物と未利用バイオマスの堆肥化、草本系バイオマスの燃料化、市民・事業者参加型バイオマス利用などを推進している。
日光市	木質バイオマスや、家畜排泄物の有効利用を進め、バイオマスの発生から利用までが効率的なプロセスで結ばれたエネルギー利活用のためのシステムの構築を目指している。

県内市町の事例

○IPM（総合的病害虫・雑草管理）

IPMは経済的な被害が生じないように病害虫や雑草を管理する際に、(1)～(3)までの三つの総合的な取り組みにより、環境への負荷や我々の健康への影響を軽減し、持続的な農業生産の実現を目指す取り組みである。

(1) 栽培環境の整備

栽培環境の例として以下のような取組を行う。

- ・病気に強い種類を導入する。
- ・もともとその土地に生息する土着天敵が増えやすいような環境を整備する。
- ・フェロモン剤を活用した予防等により病害虫や雑草の発生しにくい環境を整備する。

(2) 薬剤の適宜使用

病害虫の発生予察情報（農業試験場等が発表）や田畑状況の観察により農薬散布が必要か、どのタイミングで与えるかを判断し使用量を抑える。

(3) 多様な防除方法の活用

もしも大量に発生してしまった場合には生物的防除（市販の天敵資材を活用する）、物理的防除（粘着板等の利用、目の小さいネットを用いて害虫の侵入を防ぐ）、化学的防除（化学農薬）等を組み合わせる。

※IPMについては本県でも「環境をはぐくむ“エコ農業とちぎ”の展開」の中で触れられている。



ヒメハナカメムシ類

写真出典：九州大学大学院農学研究院附属生物的防除研究施設



コレマンアブラコバチ

写真出典：アリスライフサイエンス株式会社

生物的防除 実用化されている天敵の例

資料の作成において参考としたWebサイト

- 「栃木県/とちぎの特別栽培農産物（リンク・ティ）」 栃木県
http://www.pref.tochigi.lg.jp/g03/work/nougyou/seisan-ryuutsuu/rink_t.html
- 「環境をはぐくむ“エコ農業とちぎ”の展開」 栃木県
<http://www.pref.tochigi.lg.jp/g04/econougyou.html>
- 「農林水産省/バイオマスタウン」 農林水産省
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_town/
- 「農林水産省総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針」農林水産省
http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_ipm/
- 「IPMによる害虫管理」 千葉大学
<http://www.h.chiba-u.jp/insect/nomura/boujo/ipm.html>
- 「天敵昆虫学研究室」九州大学大学院農学研究院附属生物的防除研究施設
<http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/lab/ine/>
- 「みんなの農業広場」（一社）全国農業改良普及支援協会・株式会社クボタ
<http://www.jeinou.com/>



宇宙船地球号

時期 いつでも

時間 1～2時間

場所 教室

- エコロジカル・フットプリントの考え方を通して、人類の営みによって地球環境が受ける影響について考える。
- 持続可能な社会を構築するためには、どのような取組が必要かを考える。

ねらい

- ・人類の営みが地球環境に与えている影響の大きさに気付かせる。
- ・現状においては、地球の収容量を超える環境負荷をかけていることを踏まえ、持続可能な社会の構築のために必要な取組について考えさせる。

教科に見る活用場面

- ・中学校 社会（公民的分野） 「私たちと国際社会の諸問題」
理科（第3学年） 「自然と人間」
- ・高等学校 公民（現代社会） 「持続可能な社会の形成に参画するという観点から課題を探究する活動」

活動の内容

- (1) ワークシート①を用いて、「宇宙船」に必要な装備について考える。
- (2) (1) で考えたことを互いに発表し合い、人が生活するためには、環境への負荷が避けられないことを知る。
- (3) 一人の人間が1年間生活するために必要な環境負荷について考える。
- (4) エコロジカル・フットプリントの考え方をを用いて、地球が許容する環境負荷の限度量について考える。
- (5) 現在の平均的な日本人の生活を続けるとしたら、地球には何人まで生活することができるのかを考察する。
- (6) ワークシート②を用いて、「持続可能な社会」を築くためには、どのような取組ができるかについて考察し、お互いの意見を話し合う。

準備するもの

- ・ワークシート①, ②
- ・関係資料

活用ガイド

○指導上の工夫・留意点

- ・はじめに宇宙船の装備について考えることを通じて、「人間が生活することは、環境に負荷をかけることが不可避である」ということに気付かせるとともに、「地球も宇宙船と同様の孤立系であり、人類の生活は地球の自然回復力によって支えられている」ということを印象付けたい。
- ・記入例にあるもののほかに、様々な装備が出されることが考えられる。生徒の自由な発想を尊重しつつ、宇宙船が外界から物質的な供給を受けない孤立系であることに着目させ、物質の循環と関連付けるとよい。
 - 具体的には、「食料やエネルギーなどを供給するための装備」などは、容易に挙げられると考えられるが、「廃棄物を船外に排出せずに、資源として再利用するための工夫」などは着目されにくいのではないかとと思われる。廃棄物を船外に排出すると、同時に物質的資源を失うことになり、長期にわたり生活を持続させることが難しいことに気付かせたい。その上で、私たちが生活を続けるためには、地球が備えている環境回復力が必要不可欠であることを理解させたい。



- ・「エコロジカル・フットプリント」については、言葉の意味や計算の方法などではなく、考え方を教えることが重要である。生徒の実態等に応じて、煩雑な計算をさせるのではなく、クイズ形式などによって考察させる方法もある。

例) **Q1** 世界のすべての人が「平均的な日本人と同様の生活をする」と仮定したとき、それを支えるためには地球が何個分必要でしょうか？

- ① 0.5個分 ② 0.9個分 ③ 1.5個分 ④ 2.3個分 《正解④》

※日本は先進国の中では環境負荷が小さい。それでも世界平均よりも大きい。

Q2 地球が「平均的な世界の人の生活」を支えることができるのは、何人まででしょうか。

- ① 30億人 ② 60億人 ③ 90億人 ④ 120億人 《正解②》

※1980年代後半には、地球が世界の人口を支えられなくなったと考えられている。

(Q1の出典) WWF「日本のエコロジカル・フットプリント2012」

- ・現在の人類の暮らしが、地球の収容量を超えている状態（オーバーシュート）であることに気付かせ、持続可能な社会の構築には、生活スタイルの見直しが不可欠であることを結論として導き出したい。



○用語の説明

- ・フットプリント (footprint) …… 足跡。地面（地球）に付けた生活の痕跡のこと。

- ・エコロジカル・フットプリント (E F : Ecological Footprint)

原義は「生態学的足跡」。ここでは、1990年代にカナダのブリティッシュ・コロンビア大学の研究者らによって提唱された環境負荷の大きさを示す指数を指す。

基本的な考え方は、人間が生活する上で、必要な面積がどの程度であるかをgha（グローバルヘクタール）という単位で表したもの。現在のライフスタイルを維持するために必要な面積を、食料生産のための農耕地をはじめ、漁獲量を維持するための海洋、排出したCO₂を吸収するための森林、都市部などの社会的なインフラとして使用される領域等について、それぞれ算出して足し合わせたもの。国や地域によって生活スタイルが異なるので、一人あたりのエコロジカル・フットプリントの大きさも国や地域によって大きく違っている。

エコロジカル・フットプリントの総量が、地球の生産可能な土地・水域の総面積（バイオ・キャパシティー）を超えている状態は「オーバーシュート (overshoot = 行き過ぎ, 超過状態)」といい、持続可能でないことを示している。現在、全世界のエコロジカル・フットプリントの総量は、地球1.4個分になっており、すでにオーバーシュートの状態になっている。

○活動にあたって参考となる文献やWebサイト

- ・「NPO法人 エコロジカル・フットプリント・ジャパン」のサイト <http://www.ecofoot.jp/>
- ・「(公財)世界自然保護基金 (WWF) ジャパン」のサイト <http://www.wwf.or.jp/>

○ワークシートの解答例

ワークシート①

電源装置、二酸化炭素吸収装置、し尿等を無害な有機物にする装置、食物を生産する設備 など

ワークシート②

(1)① 耕作地、牧草地、森林、二酸化炭素吸収地、生産能力阻害地、漁場

② 約1.4倍

(2)① フットプリント（影響）の方が回復力よりも大きい。つまり、今の生活を持続することが不可能であるということ。

② エコロジカル・フットプリント (E F) を減少させるための取組が必要。具体的には、最も大きな割合を占める二酸化炭素排出量を削減するために化石燃料の使用を最小限にすることや、牛肉のようなE Fの大きな食材から大豆タンパクのようなE Fの小さい食材へのシフト、輸入品から地産品へのシフトなどの取組が考えられる。

①宇宙船に必要なものは何？

実施日	年 月 日 ()	年 組 番	氏名	
-----	-----------	-------	----	--

あなたは、人類が初めて木星を探索するために飛ばす有人宇宙船の設計に関わることになったとする。この宇宙船の定員は10人で、木星までの往復には10年かかる見込みである。

宇宙船には、安全に航行するために必要な装置（ロケットエンジン、姿勢制御システム、燃料等）のほかに、どのような装置や設備が必要だと考えられるか。10人の乗組員を10年間生活させることを念頭に置いて、必要だと思われる装置・設備と、その機能・役割を下の表に箇条書きで記入してみよう。



必要な装置・設備	機能・役割
(記入例) 酸素発生装置	乗組員が生きていく上で必要な酸素を発生させる。方法としては、 ①水を電気分解する。 ②植物の光合成を利用する。 などが考えられる。

※記入上の注意

現代の技術では不可能と思われるようなことであっても、未来の技術を想定して書いてよい。ただし、マンガやSFの世界ではなく、現実の世界で実現できそうな装置や設備について考えること。

②地球に残す「フットプリント（足跡）」

実施日	年 月 日()	年 組 番	氏名	
-----	----------	-------	----	--

私たちが日々の生活を営むことによって、地球には「フットプリント（足跡）」が残されます。この場合の「フットプリント」とは、土の上に残される足形だけを意味するのではなく、生活排水が川に及ぼす影響や、自動車の排気ガスが大気に及ぼす影響、魚をとることによって漁獲資源に与える影響など、様々な意味での“足跡”を意味します。

地球は、人類によって踏みつけられた“足跡”を、元の状態に戻す「自然回復力」をもっています。ですから、昔の人は、魚をとり続けても「海から魚が消える」などと考えたりせずに済んでいました。しかし現代では、地球の自然回復力を上回るペースで、“足跡”が残されており、地球温暖化をはじめとする深刻な問題が起きつつあります。

私たちが地球につける“足跡”の大きさは、それを元の状態に戻すために必要とする環境資源の面積に換算して表すことができます。例えば、「(1年間に) CO₂を1 t 排出すること」が与える影響の大きさは、「(1年間で) 1 tのCO₂を大気から吸収するのに必要な森林の面積＝**ha」と換算されます。こうすることによって、どの程度の大きさの“足跡”までならば、地球の自然回復力によって元の状態に戻すことが可能なのかを考えることができるのです。

こうして、人類が環境に与える影響の大きさを面積に換算して表したものを「エコロジカル・フットプリント」とよび、gha（グローバルヘクタール）という単位で表します。

(※1 ghaは、環境が回復するために必要な面積が1 haとなる影響の大きさです。)

(1) 資料「エコロジカル・フットプリントについて」を参考にして、次の量を調べてみよう。

①人類が生活をする上で、どのような土地利用が必要か。(ヒント：6つの種類に分類されている。)

②世界の人が地球に与えるエコロジカル・フットプリントの大きさは、地球がもつ収容量の何倍か。

(2) 「エコロジカル・フットプリント」の値からどんなことが言えるか考えてみよう。

①「エコロジカル・フットプリントの大きさが、地球の環境収容量を超えている」ということは、どのようなことを意味するのかについて考えよう。(キーワード：持続可能性)

②「持続可能な社会」を築くためには、どのような取組をする必要があるか。



資料：エコロジカル・フットプリントについて

○「持続可能性」とは

「持続可能性（持続的発展・持続可能な開発）」の概念は、1987年の「国連環境と開発に関する委員会（通称:ブルントラント委員会）」の報告書によって広く社会的に認知されるようになった。『Our Common Future（我々共通の未来）』と呼ばれるその報告書では、「持続可能な発展」を「将来の世代のニーズを満たす能力を損なうことがないような形で、現在の世代のニーズも満足させるような発展」と定義されている。持続可能性の概念は「環境」だけでなく、「経済」、「社会」分野にも広がりをもせるようになってきている。

1992年にリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国連会議（地球サミット：リオ会議）」では、持続可能な開発に向けた地球規模での新たなパートナーシップの構築に向けた「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言」（リオ宣言）と、この宣言の諸原則を実施するための行動計画である「アジェンダ21」などが合意された。また、この会議を受けて、国際連合の経済社会理事会の下に「持続可能な開発委員会」が設置された。

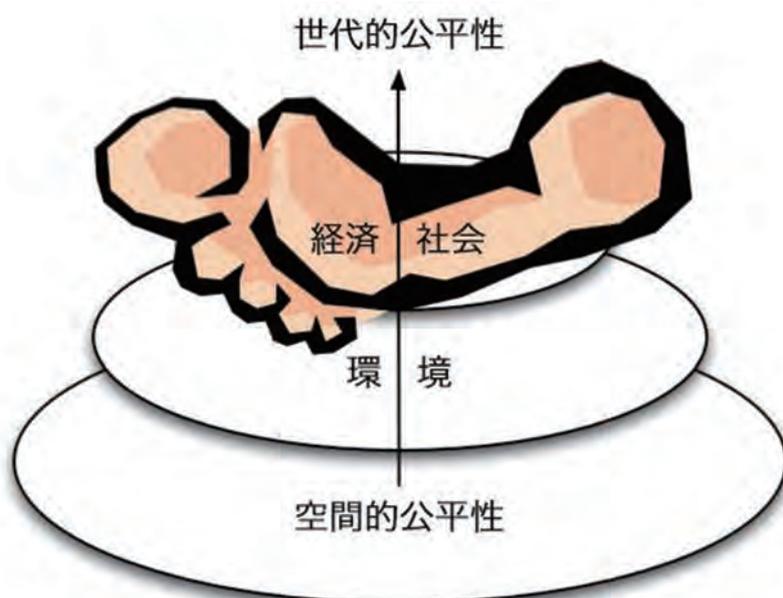
2002年にヨハネスブルクで開催された地球サミット「リオ+10」では、持続可能な発展に向けて南北問題・貧困問題などの課題克服が不可欠であるとの合意がなされた。世界的にみれば先進国と発展途上国の南北間格差の解消、国内でいえば都市と農村の間における地域間格差の解消となる「空間的公平性」の確保も、持続可能性に含まれることになった。

2011年の国連環境計画（UNEP）の「グリーン経済報告書」では、グリーン経済を「環境問題に伴うリスクと生態系の損失を軽減しながら人間の生活の質を改善し社会の不平等を解消するための経済のあり方」と定義している。また、2012年にリオデジャネイロで開催された地球サミット「リオ+20」では、「持続可能な発展及び貧困根絶の文脈におけるグリーン経済」が主要議題となった。

経済協力開発機構（OECD）は、グリーン成長を、「自然資産が今後も我々の健全で幸福な生活のよりどころとなる資源と環境サービスを提供し続けるようにしつつ、経済成長および開発を促進していくこと」と定義している。

OECDの「グリーン成長」も、UNEPの「グリーン経済」も、環境・経済・社会の深刻な現状を地球規模の問題であるにとらえ、それぞれの視点から持続可能な社会の実現に向けたプロセスのあり方を提言している。なお、「グリーン成長」と「グリーン経済」は、共に「持続可能な開発」に内包されると解釈されている。

このように、持続可能性（持続可能な開発）の概念には、環境の持続可能性だけでなく、経済や社会の持続可能性も含まれ、環境・経済・社会を同時に評価できる指標が求められている。



持続可能性の概念とエコロジカル・フットプリント



○エコロジカル・フットプリントとは

エコロジカル・フットプリントは、人間活動により消費される資源量を分析・評価する手法のひとつで、人間1人が持続可能な生活を送るのに必要な生産可能な土地面積（水産資源の利用を含めて計算する場合は陸水面積となる）として表わされる。エコロジカル・フットプリントは、「持続可能性」の有用な指標である。

エコロジカル・フットプリントは、ブリティッシュ・コロンビア大学（カナダ）のウィリアム・リースとマティス・ワケナゲル博士が、1990年代初頭に開発した「人類全体の経済活動を支えるために必要な土地面積を割り出す」ための手法である。生態系に対する踏みつけ面積を意味することから、「エコロジカル・フットプリント」と命名された。その後、改良されて現在に至っている。2003年には、マティス・ワケナゲル博士らにより、「グローバル・フットプリント・ネットワーク（GFN）」が設立され、2013年には日本支部（沖縄）が設立された。

エコロジカル・フットプリントを公式な持続可能性指標として採用している国（2013年現在）は、日本、スイス、アラブ首長国連邦、エクアドル、フィンランド、インドネシア、フィリピンなどの国々である。また、州レベルや自治体レベルでの利用は、イギリス、アメリカ、カナダで盛んである。

日本では、1996年に『環境白書』で取り上げられ、2006年には、「第三次環境基本計画」の進捗状況の評価するための指標の一つとして閣議決定された。

○エコロジカル・フットプリントの定義

ある特定の地域の経済活動、またはある特定の物質水準の生活を営む人の消費活動を永続的に支えるために必要とされる生産可能な土地および水域面積の合計（＝ある地域で必要とされる資源を永続的に産み出し、かつそこで排出される廃棄物を継続的に吸収処理するために必要となる生態系・水土の面積の合計〔それらが地域内に存在するか他に存在するかは無関係〕）（Rees 1996）。グローバル・ヘクタール（gha）という単位で表される。グローバル・ヘクタール（gha）とは、世界平均の生物生産性があるヘクタールという意味で、全世界で比較可能で標準化された単位である。すなわち、「資源を生産し、廃棄物を吸収する能力の世界平均値を持つ陸地水域1ヘクタール」と定義されている。土地利用タイプの実質面積（ヘクタール単位）は、係数を用いてグローバル・ヘクタールに換算される。係数には、収量係数（国による生産性の比較係数）と等価係数（土地利用タイプの比較係数）がある。

○エコロジカル・フットプリントの土地カテゴリー

エコロジカル・フットプリントは、土地利用タイプに換算するが、そのカテゴリーには、①耕作地、②牧草地（食料や繊維製品の原料を産み出す土地）、③森林（木材や紙製品の原料を産み出す土地）、④二酸化炭素吸収地（化石エネルギー使用などに伴って排出される二酸化炭素を吸収するための土地）、⑤生産能力阻害地（建物、道路、インフラなどで覆われた土地）、⑥漁場（水産資源を産み出す地域）の6種類がある。

○バイオキャパシティ（生物生産力）とオーバーシュート（需要超過）

バイオキャパシティ（生物生産力）とは、生産可能な土地水域の面積（生態系による生態系サービス供給可能量）、すなわち、生産可能な土地や水域がどれだけ存在するかを示す値である。エコロジカル・フットプリントが、バイオキャパシティを超えた状態を、オーバーシュート（需要超過）という。地球全体では、1980年代中頃からオーバーシュートの状態が続いている。

2006年のデータでは、バイオキャパシティが119億ghaで、地球表面全体の22%であり、エコロジカル・フットプリントが171億ghaであり、地球1.4個分である。一人あたりで計算すると、一人あたりのバイオキャパシティは1.8 gha、一人あたりのエコロジカル・フットプリントは2.6 ghaで、地球1.4個分である。また、日本人一人あたりのエコロジカル・フットプリントは4.1 ghaで、地球2.3個分である。

○エコロジカル・フットプリントと持続可能性

エコロジカル・フットプリントを用いて、様々な分野の持続可能性を検討できる。例えば、WWFジャパンは、定期的に日本のエコロジカル・フットプリントに関する報告書を発表している。最新版（2012）では、特に食料のエコロジカル・フットプリントを分析して、「世界の人々が日本と同様の食生活をした場合、エコロジカル・フットプリントが示す地球の資源は、1.64個分必要になるため、持続可能とはいえない」と結論づけている。

○エコロジカル・フットプリントの環境教育への活用

エコロジカル・フットプリントは、地球全体、国、地域、企業・団体、家庭、個人レベルで計算が可能である。そのため、私たちの暮らし方を見直すためのツールとして利用可能である。すなわち、環境教育の教材になり得る。

NPO法人「エコロジカル・フットプリント・ジャパン」(<http://www.ecofoot.jp/>)は、エコロジカル・フットプリントの「診断クイズ」をインターネットで公開している。
(<http://www.ecofoot.jp/quiz/>)

診断クイズには、①食料（肉類等、魚介類、植物性食品、地産地消等）、②家・エネルギー（居住者数、家の大きさ、電気、都市ガス、灯油、LPG）、③商品・サービス（家具・家電製品・衣類・車等、グリーン購入・使用・リサイクル、通信・医療・娯楽・教育その他）、④交通（鉄道・バス・地下鉄、航空機、車、エコカー・軽の利用、乗車人員）に関する定性・定量18項目の質問に答えると、回答者のような生活を世界中の人々がしたら、地球何個が必要になるか即座に判定される。

また、以下のファイルを参考にして、表計算ソフトを用いて計算することにより、インターネットに接続することなくエコロジカル・フットプリントを算出することが可能となり、授業での活用の幅が広がる。

「もっと知りたい！&測定方法」 http://www.ecofoot.jp/quiz/DATA_ver1.pdf

また、表計算に入力すると、より細かな分析が可能となる。例えば、筆者の2012年のエコロジカル・フットプリントを分析すると、地球2.8個分になり、日本人の平均よりも大きくなるが、その主要な原因が、④交通にあることが分かった。④交通の中でも、特に、航空機と車のフットプリントが大きかった。車に関しては、通勤や仕事に多く車を使用し、しかも一人で利用していることがフットプリントへの寄与が大きかった。

また、授業中に、大学生50人のエコロジカル・フットプリントを計算したところ、平均で地球2.0個分となった。

診断クイズの例

	日本人平均	筆者2012
①食料	1.00	1.00
②家・エネルギー	0.70	0.50
③商品・サービス	0.90	1.11
④交通	0.60	1.17
未分類	1.10	1.30
合計 (gha/人)	4.30	5.07
地球の個数	2.4	2.8個

世界のバイオキャパシティ (2002) 1.82 gha/人



活動にあたって参考となる文献やWebサイト

1. WWFジャパン (監修) 「BIOCITY <2013 No.56> 特集 地球にちょうどいい生きかたの指標—エコロジカル・フットプリント入門」 ブックエンド (2013)
2. ニッキー チェンバース, マティース ワケナゲル, クレイグ シモンズ 「エコロジカル・フットプリントの活用」 インターシフト (2005)
3. マティース・ワケナゲル, ウィリアム・リース 「エコロジカル・フットプリント」 合同出版 (2004)
4. 環境省 「環境白書—循環型社会白書/生物多様性白書 <平成25年版>」 環境省 (2013)
5. 環境省 「環境白書—循環型社会白書/生物多様性白書 <平成24年版>」 環境省 (2012)
6. WWFジャパン 「日本のエコロジカル・フットプリント報告書2012」 WWFジャパン (2012)
7. 「NPO法人 エコロジカル・フットプリント・ジャパン」のサイト <http://www.ecofoot.jp/>