

1 単元名

第4編 生物の多様性と生態系（高等学校生物基礎改訂版 啓林館）

2 単元の目標

生態系で実際に起きた事例を題材に、個体群間の相互作用である被食-捕食の関係や種間競争について学び、多様な種が共存する仕組みについて理解を深める。また、人間活動が生態系へ与える影響を考察し、生物多様性（種の多様性）や生態系の保全について考える。

3 単元の評価基準

（1）知識・技能

個体数の変動やキーストーン種について食物連鎖や生態ピラミッドと関連づけて説明できる。
光の強さと植物の生育の関係について相対照度のグラフや光-光合成曲線を用いて説明できる。

（2）思考・判断・表現

実験結果やデータに基づき思考し、現象の理由を合理的に判断することができる。
学習したことや考察したことをまとめ、自分の言葉で他者に伝えることができる。

（3）主体的に学習に取り組む態度

調べ学習を行い、資料の作成や発表の準備をすることができる。
生徒が主体的・協働的に思考しながら、授業に取り組むことができる。

4 単元の構想

（1）教材観

新学習指導要領では、理科の見方・考え方を実験・観察を通して、思考しながら探究することが求められているが、生態系の分野においては実験や観察を行うことが容易でないものが多い。本授業では、アフリカのセレンゲティ国立公園の生態系で実際に起きた事例を取り上げ、データや資料に基づき議論する活動を通して、生物基礎と生物の生態系分野の学習内容について理解を深める。

A～Cの課題について学習することが新たな疑問を喚起し、A ワクチン接種と生態系の攪乱の関係、B 捕食率とサイズの関係、C 植生とチョウのコミュニティ形成の不思議など生徒がセレンディピティに出会い、深い学びへ繋げることを期待している。

（2）生徒観

多くの生徒が大学進学を希望している。普段の授業から1min トレーニングとして、単語の意味や実験結果などをお互いに説明し合う場面を多く設定している。発問に対して積極的に発言し、グループワークでは主体的に議論できる生徒が多い。5月にはSSHの自然観察フィールドワークの事後学習の機会にジグソー法による発表会を一度経験している。

（3）指導観

一方向的な講義形式の授業や動画の視聴により生徒は効率よく知識を得ることができるが、全て理解したつもりになって思考が広がらないことがある。生徒は「うまく説明できないことを経験したとき初めてわからないことがあることに気づくことができる。」と考えられる。そこで、生徒主体のアウトプット重視の授業を実施することで生徒の興味関心と学習意欲を高め、深い学びに繋げる。

本授業では講義や資料から得た知識を自分なりにまとめ、口頭での説明や図式化して表現するなどアウトプットする活動を通して思考を整理する。議論、発表、まとめなど生徒どうしが協働的に学習する機会を設定し、主体的に学ぶことができるようにする。

5 指導計画（全2時間）

第一次 エキスパート活動・・・1時間

- ・Aヌーチーム、Bキリンチーム、Cバツタチームに分かれ、それぞれ個体数が変動した仕組みについて考察し、与えられたキーワードを用いて説明する練習を行った。

第二次 ジグソー活動・・・1時間（本時）

- ・1学期に学習した知識を総合的に活用し、種の多様性が変化する仕組みについて考察する。

6 本時の目標

- (1) 生態系で実際に行われた調査の結果（データや資料）に基づき議論し、生物の個体数や種数が変動する要因について考察し説明できること。具体的には、下記のA～Cについて、与えられた資料を用いて、合理的な理由をつけて説明できるようにする。

A 草の減少によって、生育する植物の種類やバツタと鳥の個体数が変動した理由を推察する。

B ヌーの増加によって、ライオン、キリン、草、樹木の個体数が変動した理由を推察する。

C ヌーの血清中の牛疫ウイルス抗体の有無と個体数の関係性からヌーが増加した理由を推察する。

- (2) A～Cの内容を総合的に判断し、まとめることができること。

- (3) 生徒自身が主体的・対話的に思考しながら授業を進めることができれば良い。

7 本時の展開

段階	学習内容 (指導内容)	学習活動 (予想される生徒の反応)	指導上の留意点・支援・評価 (教師の活動)	時間
導入	【ワーク①（個人）】セレンゲティの生物について、食物連鎖(→)や種間競争(⇄)の関係を予想して、矢印を使って図示してみよう！ ・登場人物(ヌー、キリン、バツタなど)を紹介し、多種多様な生物がどのように関わり合っているか予想する。	・食物連鎖(草→ヌー→ライオン、アカシア→キリン→ライオン、草→バツタ→鳥)や、草⇄花(光や栄養塩類をめぐる競争)とヌー⇄バツタ(食物をめぐる競争)がいくつか図示できる。	・ジグソー班のメンバーどうして見比べる。 ・最終的には、各自が考えて作成した図とジグソー活動後にグループで作成した図を比較する。	5分
展開1	【ワーク②（グループ）】A→B→Cの順で発表を行い、質疑応答を行いましょう！ ・資料(グラフや図表)に基づき発表し、質疑応答を通して理解を深める。	・主体的に発表できると思われるが、質疑応答が少なく、早く終了するグループがあるかもしれない。その場合はワーク③に取り組む。	・考え方が論理的でないものや、自分と異なると思うものが出てきたら、議論するように促す。	15分
【評価①知識・技能】学んだ知識(キーワード)を説明できるか。【評価②思考・判断・表現】「自分の考え」を図や絵を用いて整理し、表現できているか。【評価③主体的に学習に取り組む態度】生徒が思考しながら活動できるか。積極的に質問や意見を述べて、議論に参加しているか。				

展開 2	【ワーク③（グループ）】A～Cの発表をもとに、セレンゲティの生態系で起きたことを一枚の消せる紙にまとめましょう！			15分
	・A～Cの発表から分かったことを整理する。	・3人で協力しながら、まとめを完成させる。	・何をすれば良いかわからないグループに対してヒントを与える。	
展開 3	【ワーク④（グループ）】消せる紙にまとめた内容について発表しましょう！			5分
	・隣のグループと合同で、まとめた内容について発表し、質疑応答を行う。	・自身が調べた内容を中心に担当し、3人で協力しながら発表を行う。	・発表の様子を見ながら質問や助言を行うことで生徒の議論を活性化させる。	
まとめ	【ワーク⑤（個人）】家畜ウシへの予防接種の結果、セレンゲティの生態系で起きた事象をまとめましょう。 【ワーク⑥（個人）】セレンゲティで牛痘ウイルスが再び蔓延した場合、どのような状況になると予想されるか。合理的に推論しまとめましょう。わからなかったことやさらに調べてみたいことをまとめましょう（事後学習）。			5分
	・セレンゲティの生態系で起きた事象を図式化、文章化してまとめる。	・相談しながら、まとめを完成させることができる。早く完成した生徒は他の生徒に助言する。	・何をすれば良いかわからない生徒に対して助言する。	
	・本授業のポイントを解説する。 ・2021 年度大学入試共通テスト第3問を解く（事後学習）。	・講義を聴いて思考を整理し、振り返りをする。さらに、データを見るときに必要な考え方を学ぶ。		5分
【評価①知識・技能】本日学んだ内容の理解度を、個人のまとめ活動により確認する。【評価②思考・判断・表現】、図や絵、文章を効果的に用いることで内容を整理し、適切に表現できているか、ワークシートの内容から評価する。大学入試共通テストの問題を解くことで力試しする。【評価③主体的に学習に取り組む態度】グループワークと事後学習の取組を評価する。				

<参考文献>

図1 大学入試共通テスト「生物基礎」2021年度本試験第3問B図4

図2 Sinclair A.R.E., K.L. Metzger, J.S. Brashares, A. Nkwabi, et al.(2010)“Trophic Cascades in African Savanna: Serengeti as a Case Study” In J. Terborgh and J. A. Estes(eds.), *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature*.

図3 東京大学入試問題「生物」2000年度第2問

図4・5 Holdo RM, Sinclair ARE, Dobson AP, Metzger KL, Bolker BM, et al.(2009) “A Disease-Mediated Trophic Cascade in the Serengeti and its Implications for Ecosystem C” *PLoS Biology*.

ショーン・B・キャロル（2017）セレンゲティ・ルール生命はいかに調節されるか

【Aヌーチーム】 エキスパート資料

課題 1960年代以降、セレンゲティでヌーの個体数が爆発的に増加した理由を説明せよ！

キーワード 牛疫 予防接種 ワクチン 抗体検査

著作権の関係で削除

図1 ヌーの個体数と牛疫に対する抵抗性をもつヌーの割合の変化

ヒント

①牛疫

ヒトのはしかウイルスの近縁種の牛疫ウイルスによって引き起こされる病気である。高密度でウシが飼育されている環境では感染が続くため、牛疫ウイルスは継続的に存在する。牛疫ウイルスは家畜ウシから、セレンゲティのヌーにも感染し、ヌーの大量死が頻発していた。この病気によって、かつてセレンゲティのヌーなど95%が死滅したという見積もりもある（1891年オスカー・バウマン）。

②牛疫ウイルスのワクチン（家畜ウシへの予防接種プログラム）

1950年代に一度の摂取で、牛疫に対して抵抗性がつく効果的なワクチンが開発された。このワクチンを1950年代後半にセレンゲティ周辺の家畜ウシに集中的に摂取したことで家畜ウシだけでなく、ヌーにも牛疫がまんえんすることがなくなった。家畜の予防接種によって自然界の牛疫も撲滅されました。これは「牛疫ウイルスが継続的に感染・増殖することができなくなったため」と考えられます。

下記の調査レポートを読んで、ヌーが増えた理由を突き止めた研究の方法とその結果について理解を深めましょう。

<調査レポート>

目的 セレンゲティ国立公園において、ヌーの個体数が急増した理由を明らかにする。

仮説 かつては、牛疫によってヌーの死亡率が高かったため、ヌーの数が抑えられていた。そして牛疫のアウトブレイク（感染症の集団発生）が起こらなくなったためにヌーが急増した。

方法 ヌーから血液を採取し牛疫ウイルスに対する抗体の有無を調べた（抗体検査した）。そのヌーの年齢も調査した。仮説が正しければ、年長の個体は抗体を「持っているはず」。一方、若い個体は抗体を「持っていないはず」。

結果 ヌーは、1963年以前に生まれた個体のほとんどが牛疫ウイルスに対する抗体を持っていたのに対し、1964年以降に生まれた個体のすべてが抗体を持っていないことを発見した。つまり1964年以後に生まれたヌーは牛疫にさらされていない（感染したことがない）と考えられた。

補足

- ・ウイルスにさらされた個体は抗体ができ、それが体内に残る。血清中に抗体が含まれる。したがって、抗体を持っている個体は、一度牛疫ウイルスに感染したことがある証拠である。抗体あり＝抵抗性があると判断する。
- ・ヌーの年齢は、歯を調べることで（木の年輪のように）わかる。

【B キリンチーム】 エキスパート資料

課題 セレンゲティでヌーが増加したことで、ライオンとキリンが増加した理由を説明しましょう。

キーワード 食物連鎖 生態ピラミッド 乾季に発生する火災

資料

著作権の関係で削除

図4 ヌー（Wildebeest）の個体数の推移

図5 乾季の火災で燃えた面積の推移

著作権の関係で削除

図6 草の乾燥重量（kg/ha）

＋ ヌー増加後

－ ヌー増加前

図7 生態ピラミッド

A ライオン（肉食動物）

B ヌー（草食動物）

C 草（生産者）

説明のためのヒント

- 1 セレンゲティのヌーの群れはどんどん大きくなった。その個体数は1963年に約20万頭だったのが、1977年に140万頭になった（図4）。
- 2 セレンゲティでは乾季における火災の発生頻度と激しさが1963年以来低下し続けた。それまで毎年平均してセレンゲティの約80%もの面積が燃えていたのが、1977年には20%ほどになった（図5）。
- 3 ヌーが急激に増加したことで、大量の草（イネ科の草本）が消費され、草の現存量が減少した（図6）。
- 4 草（乾季に燃える可燃物）が少ないほど乾季の火災が広がりにくい。
- 5 セレンゲティで乾季に発生する火災は若いアカシアの苗木の再生を抑制するため、森林面積（樹木の個体数）の減少を引き起こす。
- 6 セレンゲティにおける樹木の爆発的な増加は、1980年～2011年まで30年にも及ぶ定点観測の撮影によって確かめられた。（Anthony R.E.Sinclair の研究より）
- 7 キリンはえさとして樹木（アカシア）の葉を食べる。
- 8 乾季の火災の発生の主な原因は、草からの発火である。草は、木と比べると比表面積が大きいいため乾燥状態で燃焼しやすい。
- 9 A ライオン、B ヌー、C 草は食物連鎖の関係がある（図7）。

【C バッタチーム】 エキスパート資料

課題 セレンゲティでヌーが増えたことでバッタが減り、チョウと鳥が増えた理由を説明せよ。

キーワード 種間競争 光の量

資料

著作権の関係で削除

図2 ヌーの有無による生物の個体数の違いを調べた結果

ヌーが増えた場所(+)では、ヌーがいないところ(-)に比べて、草が少なく、バッタが少なく、鳥が多かった。

著作権の関係で削除

図3 イネ科植物の地面からの高さとの相対的な光の強さの関係

下記のヒント1～6をもとにして説明を考えよう！

- 1 図3は、植物の高さによる、光の量をグラフにしたもの。日射(光)は、葉の光合成によって吸収されたり、一部は反射されるため、上層から下層にかけて光の量は減少する。例えば、地面から10cmの地点での光の強さは10%程度にまで減少するとわかる。これは環境形成作用の一例と言える。
- 2 ヌーが増加する前は平原の草は60cmくらいに育っていたが、ヌーが増加したことで草が10cmくらいまでしか育たなくなった。(ヌーが草を食べてしまうので)
- 3 草の背丈が短いと、地面に近いところにも、多くの光が届くようになるので、背丈の低い植物(双子葉類や花など)も育つことができるようになった。だから、植物の種類数が増えた。
- 4 植物の多様化(種類数の増加)により、より大規模で多様なチョウのコミュニティが形成された。(理由は自分で考えたり調べましょう。)
- 5 草が減ると、それを食べるバッタが減った。種類も40から10に減少した。バッタはヌーとの競争(同じ食料をめぐる種間競争)に負けた。
- 6 バッタが減ったけど、鳥は増えた。普通は、バッタが減ると鳥も減ると予想されるのでこれは不思議だが・・・実は、草の背丈が短いとバッタの捕食者である鳥がバッタを見つけやすくなったことでバッタがたくさん食べられて減った。鳥はバッタを食べやすくなったので増えた。

【ワーク①（個人）】セレンゲティの生物（登場人物）について、食物連鎖（→）や種間競争（⇄）の関係を予想して、矢印など使って図示しよう！

登場人物 ヌー（ウシ科の草食動物）、キリン、ライオン、バッタ、チョウ、鳥
草（イネ科草本）、花、樹木（アカシア）

【ワーク②（グループ）】A→B→Cの順で発表を行い、質疑応答を行いましょう！

【ワーク③（グループ）】A～Cの発表をもとに、セレンゲティの生態系で起きたことを消せる紙にまとめましょう！キーワードを全て用いること。

キーワード ヌー キリン ライオン バッタ チョウ 鳥 草 花 樹木
家畜ウシ ワクチン 牛疫ウイルス 火災

【ワーク④（グループ）】消せる紙にまとめた内容を隣のチームに発表しましょう！

【ワーク⑤（個人）】家畜ウシへの予防接種の結果、セレンゲティの生態系で起きた事象を図式化、文章化してまとめよう！

【ワーク⑥（個人）】セレンゲティで牛疫ウイルスが再び蔓延した場合、どのような状況になると予想されるか。合理的に推論しましょう！わからなかったことやさらに調べてみたいことをまとめましょう！

【ワーク⑦（個人）】2021年度大学入試共通テストにチャレンジ！

全員共通資料

1960年以降ヌーの個体数が増えた。

著作権の関係で削除

ヌー

ヌー（Wildebeest）は、哺乳綱ウシ目ウシ科のヌー属に属する動物の総称である。草食動物なので、草（イネ科の草本）を食べて生活している。

セレンゲティ国立公園

タンザニア連合共和国北部のマラ州・アルーシャ州・シニャンガ州にまたがる、自然保護を目的とした国立公園。アフリカで一番良く知られた国立公園の1つ。1981年にユネスコの世界遺産（自然遺産）に登録された。セレンゲティとはマサイ語で「果てしなく広がる平原」の意。さまざまな動物が、約300万頭生息していると推定されているが、生息している動物の約3割がヌーであるといわれている。

バイオームはサバンナ（草原）で、優占種はイネ科の草本

解答例

家畜ウシへの予防接種の結果起きた生態系のすごい変化

ヌーの増加↗ キリンの増加↗ ライオンの増加↗ 樹木の増加↗ チョウの種類増加↗
草の減少↘ 直翅類昆虫（バッタ）(*2)は40種→10種に激減↘

東アフリカで行われた**家畜ウシ**への予防接種プログラム（**牛疫ウイルスの予防接種**）

↓
家畜ウシが牛痘に感染しない

↓
野生動物（水牛とヌー）も牛痘に感染しない(*1)

↓
ヌーの個体数が爆発的に増加→ライオンは餌（ヌー）が増えたので増加 *生態ピラミッド

↓
↓ (ヌーが草をたくさん食べる)

↓
草の減少(*4)→火災の発生頻度やその激しさが低下→若い木の成長→樹木増加

↓ ↓ ↓

↓ ↓ ↓

↓

キリン増加

↓ 他の植物が得られる光と栄養分が増加（＊生産構造図・種間競争）

↓ ↓ 多種多様な植物（花・双子葉類など）が育った（*光-光合成曲線）

↓ ↓ 多種多様な **チョウ** のコミュニティが形成された(*3)

↓
直翅類昆虫（バッタ）の餌が不足→増殖できなくなった。

草に隠れることが出来ず鳥に見つかりやすくなった→被食量の増加→直翅類昆虫の個体数↓

* 生態ピラミッド

*1 牛痘ウイルスは牛が感染するウイルス（つまり、牛痘は家畜からの伝染が原因だった！）

*2 バッタやイナゴなど草を食べる生物

*3 なぜ、植物が多様だとチョウが多様になる？→昆虫食性進化研究所 HP を参照

*4 50～70cm まで育っていた植物が 10cm までしか育たなくなった

結論

ヌーは「**キーストーン種**」であるといえる