

生きかたとし ての生物学習 指導要領試案

研究速報

no.17

「CBS 研究速報」を改題しました

小学校第一学年から高校第三学年までの12年間で「生物学習」の指導の道すじを発見する

2015年12月3日

特集 進化学習指導

進化の学習をどのように指導すればよいか

1. 進化は、生物世界の歴史の発展の部分をいいます。生物の歴史は、変わることなく引き継がれていく部分と変わりながら引き継がれていく部分が結びついて進んできました。その変わりながら引き継がれたもののうちの発展が進化です。
2. 進化は、過去と現在の結びついていることです。それは事実なのですが、絶対に見ることのできない過去の世界です。いわば観念の世界です。しかし、想像によって過去と現在の現実にあったつながりをつきとめることができます。ここに学びにとっての楽しさと重要さがあります。
3. 傍証でしかとらえることができない世界ですから、事実をつかむということは難しいことです。まったく想像することができず、つまらなくなる場合があります。また想像するということは楽しいことですから、どんどん想像の学びが発展していきますが、それだけでは事実をつきとめることはできません。やはり現実の見える世界をしっかりとつかむということが基礎になります。
4. 見ることのできない世界に入り込み、そこに真実を見つけないというのが、子どもの学習にとってもっとも重要なことです。現実の世界は、見えない世界のできごと(ものごとの相互関係、法則性、歴史性)が見えるものを動かしているからです。これが進化学習のもっとも重要なところだと思います。

子どもと自然学会生物教育研究委員会

岩田好宏・杉山栄一・中谷治代・吉岡秀樹 (連絡先 yoshihiro_hanamigawa@yahoo.co.jp)

進化学習をどのように指導すればよいか

はじめに—「生物世界とその歴史」学習指導計画立案のための基本方針—

進化という、見るできない過去からの世界を、どのようにすれば事実どおりにとらえることができるか。こうした願いともいえる考え方から、その学習指導の方法のありかたを考えました。それには、見える世界をしっかりと見て、それを起点に考えるほかありません。と同時に一方で、見えないけれども、現実にもそうした世界があった、あるいはあるという視点を子どもたちがもつということも欠かせない重要なことです。

この2つのことをどのように組み合わせれば、子どもたちは、進化学習に興味をもち、進化の真実に近付いていくかという「期待」のもとで、進化学習の指導をどのように進めればよいかについて整理をしてみました*。

*ここでは、現在の生物がどのように生きているかということも、それが進化に目を向けるために欠かすことができないものであれば、「進化」学習の中に組み込み、指導できるようにしました。

1. 生物進化の学習とは

生物世界の歴史(進化)学習の指導全体にとって、学年ごとの学習指導単位での学習指導は、どのような意味をもっているかを考えるには、2つの視点が必要です。1つは、それぞれが‘進化学習の指導をどの程度重視しているか’という視点です。たとえば、第2学年の「2ea. 大昔の動物」では、その学習のすべてが進化についてのものです。また第8学年の「8bh. 生物世界とその形成過程」では、その名のとおり、‘生物世界全体がどのように成り立っているか’ということが主題の1つになっていますが、またそれが‘どのように形成されたか’ということも学習指導の主題になっています。こうした考え方から、各学習指導単位で進化学習をどの程度重視しているかということについて、つぎのような5つの重度を考えてみました。これに基づいて、各学習指導単位における進化学習指導の重度を示しますと、表1のようになります。

A.進化学習について指導する

A1.進化を主題として学習を指導する

A1-1.全体が進化学習の指導である①

A1-2.生物の他のことがらについても学習指導する②

A2.進化を主題として学習指導しない

A2-1.進化学習を意識的に指導する③

A2-2.指導にあたって進化についてふれる④

a.進化学習については指導しない⑤

表1 「生物世界の歴史」基礎学習の指導計画案表

各学習指導単位における「進化」学習の指導の重度					ver.1	2015年11月23日
階梯	学年	①a1-1. 全体が進化学習指導	②a1-2. 進化を主題にしなが らも他のことがらにも指導する	③a2-1. 進化を主題にしな いが意識的に指導する	④a2-2. 進化を主題とせず、 教材にふくませるが、意識的に指導しない	⑤b. 進化についてはまったく指導しない
中階梯 2-2	8		「8b. 生物世界とその形成過程」(10)			
	7		「7a. 動物世界とその形成過程」(15)			
	7			「7rd. 生物の持続と繁殖・死亡」(15)		
	6		「6ph. 植物世界とその形成過程」(6)			
	6		「6fb. 真菌類と細菌類」(6)			
	6			「6bp. わたしのからだと個性」(18)		
	5			「5tp. 草と木」(10)		
	5		「5mb. b微小生物世界」(6)			
	5		「5m. 哺乳類世界」(14)			
	4			4p1. 身のまわりの植物のからだと生活		
	4				「4i. 昆虫世界」(15)	
中階梯 2-1	4	4ep. 絶滅生物と現在の生物とのつながり(5)				
	3			「3cg. 栽培・飼育と生物の生育・繁殖」(20)		
	3			「3dc. 犬と猫、魚、鳥」(10)		
	2	2ea. 大昔の動物(3)				
	2					2pc. 生物の親子(5)
	2					「2mb. わたしのからだ」(6)
大階梯 1	2					
	1					「1・2bbs. 友だちと一緒に、生物とかかわり、楽しみながら学ぶ」(45)

()内は、年間の学習指導時間数

もう 1 つは、‘進化のどのような面の学習を指導するのか’ という視点です。生物にみられる変化のうち、生物世界全体からみて、そこに多様化と複雑化があった場合に、それを‘生物世界の発展’ ととらえ、それを「生物進化」とみることにしました。例えば従来、魚類から両生類への変化は進化としてみられていましたが、それだけでは単なる変化であり、新しい種の起原です。しかし、そのことによって動物の生活場所が、水中だけから水中と陸上の両方に拡大し、複雑になり、生活のしかたが水中生活と陸上生活の両方に多様化という点に目を向ければ、これは生物的発展であり生物進化とみることができます。生物進化と種の起原とは、種の起原が、生物進化の過程の要素的意味をもった過程(素過程)であるという関係になっています。

進化の要因については、いろいろな説があり、どれも弱点があり、ほとんどわかっていないのでふれないことにし、大階梯 3 の「11b. 生活と生物観・生物学」で扱うことにします。

B. 進化についての学習を指導する

B1. 生物世界の発展についての学習を指導する

B1-1. 発展過程についての学習を指導する①

B1-2. 発展があったという事実の学習を指導する②

B2. 新しい生物の出現についての学習を指導する

B2-1. 新しい生物の出現過程についての学習を指導する③

B2-2. 新しい生物の出現したという事実の学習を指導する④

b. 進化についての学習を指導しない⑤

これに基づいて、各学習指導単位で進化のどの点に重点をおいているか、学習指導内容を整理してみますと、つぎの表 2 のようになります。

これら 2 つの視点をもとにして、第 8 学年までの進化についての学習指導の要点を、つぎに示すことにします。

1. 大昔の生物と今の生物とでは、生物としての基本は同じであるがちがう

その第 1 は、‘大昔、今の生物とはちがった生物がいた’ という事実を、子どもたちに納得してもらうことです。そのためには、現在生きている生物とあまりにもちがうものであると、本当かどうか疑う、だれかが勝手に想像してそういつているととらえるかもしれません。そこで、最初は、今の生物とよく似ているが、ちがうものを例として示すという方法をとることにしました。この学習を第 2 学年の「2ea. 大昔の動物」という学習単位を設けて指導することにしました。

子どもたちは、アニメや怪獣もののテレビ番組、あるいはおもちゃなどを通じて、日常的に現実にはいない生物？と接触していますし、そうしたものは人気があります。そうしたものの影響の中で、その存在の現実感をもたせる方法としてこういうことを考えました。

第 2 のこととして、‘昔の生物は滅んでしまって、今はいない’ ということをはっきりさせる必要があると考えました。それは、架空のものである怪獣もののテレビ番組の中の生きもの？

表2 「生物世界の歴史」基礎学習の指導計画案表

各学習指導単位における「進化」学習の重点 ver.1

2015年11月23日

階梯	学年	①B1-1. 生物世界の発展過程を主題にして指導する	②B1-2. 生物世界の発展を主題にする	③B2-1. 新しい種の出現過程を主題にする	④B2-2. 新しい種の出現を主題にする	⑤b. 進化についてまったく指導しない	
中階梯 2-2	8	8b. 生物世界とその形成過程」(10)	8b. 生物世界とその形成過程(10)				
	7	7a. 動物世界とその形成過程(15)	7a. 動物世界とその形成過程(15)				
	7		7rd. 生物の持続と繁殖・死亡(15)				
	6	6ph. 植物世界とその形成過程」(6)	6ph. 植物世界とその形成過程(6)				
	6	6fb. 真菌類と細菌類(6)	6fb. 真菌類と細菌類(6)				
	6			6bp. わたしのからだと個性(18)	6bp. わたしのからだと個性(18)		
	5		5tp. 草と木(10)				
	5		5mb. 微小生物世界(6)				
	5		5m. 哺乳類世界(14)	5m. 哺乳類世」(14)			
	4		4pl. 身の回りの植物のからだと生活(10)				
	4		4i. 昆虫世界(15)				
	中階梯 2-1	4			4ep. 絶滅生物と現在の生物とのつながり(5)	4ep. 絶滅生物と現在の生物とのつながり(5)	
		3					
3						3dc. 犬と猫、魚、鳥(10)	
2						2ea. 大昔の動物(3)	
2							2pc. 生物の親子(5)
2							2mb. わたしのからだ(6)
大階梯 1	2						
	1						1・2bbs. 友だちと一緒に、生物とかかわり、楽しみながら学ぶ(45)

と区別することにもなります。そこで、骨の化石化したものや生活の痕跡などから想像によって描き出したものであることを学習する機会を設ける必要があります。これには、骨とからだ全体、外形との関係を、現実には生きている生物について学ぶことが基礎として必要になります。また、生活とからだとの関係を現実の生物についての学習が欠かせません。

2. 今の生物は、昔のある生物が祖先になって変化して生まれた

ここまでは、まだ進化学習にはなっていません。大昔の生物についての学習にとどまっています。進化学習への本格的な出発点は、なんといっても、‘現在の生物は、過去にいた生物を祖先にして変化して生まれた’ということを知ることです。

そこで、大昔の生物と現在の生物の中間に位置している昔の生物を示して、その3つをつなぎ、しかもひとつの変化過程として理解するという学習が必要となります。それは、第4学年に設定しました「4ep. 絶滅生物と現在の生物のつながり」での学習指導で実現させたい。

もうひとつ、進化だけでなく、繁殖などによって変わることなく過去から現在へつながっているというものの理解が、生物世界の歴史の上で重要であると考え、第3学年で「3cf. 栽培・飼育と生育・繁殖」という学習指導単位を設定して、‘生まれ、育ち、卵・子を産んでつぎにつなげる’という生物の本質を学ぶよう指導することにしています。これは別の言い方をしますと、「自己保存」「自己更新」の学習の指導となります。

3. 昔の生物世界とくらべて多様で複雑な世界への変化が生物的な発展であり、進化である

‘現在の生物は、過去にいた生物を祖先にして変化して生まれた’は、進化学習の本格的な出発点といいましたが、それは、重要な基礎づくりという段階の学習です。しかし、進化そのものの学習とは考えていません。たとえば、魚類のあるものが、陸に上がってカエルのような両生類になったことを、これまで進化とみていましたが、そうではありません。これは、新しい種の起原です。新しい環境に移住して、その新しい環境に対応して生き方を変えただけにすぎません。それは、単なる変化と考えています。変化というのは、それまでであったものが別のものになったということですから、魚類から両生類への変化だけであれば、発展とは考えられません。哺乳動物のあるものの体内にいたある細菌が、人体内に入って、変化して定住するようになったのと同じことです。進化として大事なことは、新しい生物が現われながら、前にいた生物と共存して、多様性がたかまったことであり、生物世界全体が複雑になったことです。ここには、生物世界全体に目を向け、その分化をとらえることが要になります。古生物学では、「適応放散」という考え方が重視されてきました。

単に生物の種類数が増加したことではありません。生活のしかたが多様になったということです。新しい生物世界が生まれたということです。水中生物世界だけだったそれまでの生物世界に、陸上生物世界が加わったというのは、まちがいに発展です。

そこで、現実の生物世界、現に生きている生物たちの中にそうした適応放散、分化の結果をみるのが、重要な学習となります。ここでは、生物の変化過程を追いながら、分化、あるいは適応放散をみるということではありませんから、進化学習とはいえません。どこまでも基礎づくり段階の学習です。しかし、これは、‘この学習なしには、進化学習は成り立たない’と言ってもよい、重要な基礎づくりの学習です。

これを、第 4 学年の「4i. 昆虫世界」と「4pl. 身のまわりの植物のからだと生活」という 2 つの学習指導単位で指導したいと考えました。

昆虫は、からだは頭・胸・腹部と 3 つにまとまり・分かれ、6 本の肢があり、翅で飛翔するという点で共通しながら、からだ全体、生活のしかたが別になり、中には翅が退化するものもあります。また生活域はさまざまです。それらを‘ちがうものを分けおなじものをまとめる’という、ものの認識のもっと基礎となる方法を使って整理して、基本は同じであるが、さまざまに分化している様子をとらえる学習を実現したいと思っています。また最初の独立した植物学習は、季節変化にともなう植物の種類の入れ替わりから、生活の「季節わけ」と、水草にみられる分化を具体的に学ぶように指導する予定です。水草については、分化の 1 つのかたちである‘陸域から水域へ’の逆戻りともいうべき進出についてもふれる予定です。

4. 適応放散の過程の学習

そしてつぎの「5m. 哺乳類世界」「5mb. 微小生物世界」「5tp. 草と木」で、本格的な適応放散の学習が実現できるように指導したいと考えています。

哺乳類では、哺乳類として共通している基本となっている性質、その性質が身につけられたことが哺乳類世界を形成する基礎になり、環境がさまざまないちがう地域・空間に分散していき、生活域を拡大しながらそれぞれの地域における環境と、生物相互との関係の中で適応放散していった様子を学習できるように指導したいと考えています。微小生物世界は、目に見えない、感覚でとらえることのできない、日常生活ではとらえることのできない世界です。そこで起こっていることも人間の生存と生活に重大な問題につながることが多くあります。そこでも独自の生物世界が形成され、食物連鎖としては、動物たちの捕食連鎖とは別の「寄生連鎖」の中で生活していることを明るみに出し、小さな変化も適応放散を生み出す進化であることを学習できるように指導することにしています。陸上植物を草と木に分けてとらえる学習を考えたのは、遷移が生物世界をみる上で重要だからです。植物はすべて光を要求しているから、局部的には激しい競争を展開し、その結果が遷移という変化を生み出し、植物の入れ替えがおきていますが、全体としては草と木という分化によって共存されています。競争は植物生活における一時的、局所的なことです。そうしたことで、植物における適応放散の基礎になるところを学べるようにしたいと考えています。

これに続いて、「6fb. 真菌類と細菌類」「6ph. 植物世界とその形成過程」「7a. 動物世界とその形成過程」における学習を基礎に、「8b. 生物世界とその形成過程」で、生物世界全体における進化という歴史的な発展過程の学習をまとめて学ぶように指導することにしました。真菌類・細菌類、植物、動物というのは、生活のしかたのちがいです。いわば、生物の分化と共存のもっとも基本となるものです。植物のように、光のエネルギーをつかって栄養物質を合成して生活しているという生物はほかにいません。ですから、植物はほかの生物と競争することなく共存し、その内部にさまざまな分化をうみ出して 1 つの生物世界を形成したので

す。菌類のように、他の大型の生物の体内に入ったり、体表にとりついたりして寄生するという生活のしかたは、他の、とくに微小な動物に多くみられますが、体外で消化して吸収する

という栄養摂取の方法は、ほとんど寄生動物にはみられないことです。逆に、他の生物体を体内にのみ込み、体内消化して栄養物質を摂取するという動物の栄養生活も他の生物にはみられないことです。

5. 見える世界から見えない世界を見る

‘見えない世界をとらえるには、見える世界をしっかりとらえることが基礎になる’と、最初に述べましたが、そうした学習方法が進化学習に欠かせません。見える世界とは、具体的には家庭周辺、教室、学校、地域です(認識の直接世界といわれる場合があります)。それ以外は、すべて映像、本、お話しなどを媒介にして間接的にしか知ることができません。そのためには、教室や学校、あるいは地域が自然が‘多様で複雑な’という意味のゆたかなところであることが、そして子どもたちがそうしたところの生物との深くかかわり、それを通じて学習を展開できることが必須のことです。現実をしっかりとらえることを基礎に、そこから直接みることのできない世界、絶対に見ることができない過去のことに目を向けていくという学習方法が必要です。生物学習は、教室の中に閉じこもって、本と映像だけでの学習に限定してはならないと思います。

6. 人間をふくむ生物世界の歴史

進化をふくむ生物世界の歴史の学習を進めるための、知的手段として必要なとらえかたを整理してみました。

1. 大昔の生物と今の生物とでは、生物としての基本は同じであるがちがう。
2. 昔の生物は死んで、今はいない。今の生物は、昔はいなかった
3. 今の生物は、昔のある生物が祖先になって変化して生まれた
4. 1 つひとつの生物が生きている期間は限られているが、生物世界全体としては昔から現在まで続いている
5. 現在の生物は、昔の生物が変化したりたがいに合体したり、別の環境のところに移住したり、存在していたところの環境が変化したりして、いくつものちがう生物に分かれて生まれた
6. 生物には、昔の生物が大きく変わって生まれたものと大きくはかわらないで生まれたものがあるが、どれも変わりながら現在に至っている
7. 生物世界の歴史は、生物相互の関係と環境との関係の変化のなかで進行してきた
8. 現在の生物世界は、このように過去の生物の変化、その相互作用によって生まれた結果である。それは、昔の生物世界とくらべて多様で、複雑になった。この多様で複雑な世界への変化が生物的な発展である。
9. 現在の生物世界は、これからの生物世界の歴史の出発点である
10. 人間が出現してから、生物世界は大きく変化した
11. 生物世界の人間による変化は人間にとって益になったものもあるが、害になったものもある
12. 人間による生物世界の変化は、生物にとってはほとんど益にならなかった。
13. 人間の生物世界とのこれからのかかわりは、人間にとって好ましく、生物世界への害を最小限にとどめる。その実現のために、人間は生物世界とどのようにかかわらねばならないか。

このうちの 1～9 は、生物世界の歴史の事実とそこにみられる法則性に関するものです。10 は人間が出現してからの変化、11～12 は、その事実を人間の立場からと、生物世界の立場からの評価です。13 は、それらをもとにして描こうとする将来展望です。

2. 進化の学習を、具体的にどのように指導するか

この計画案の生物進化をふくむ生物世界の歴史の学習指導は、つぎのような各学習指導単位で、上の 1～9 のそれぞれを学ぶよう指導し、第 8 学年の「8b. 生物世界とその形成過程」で 1 つのまとめをします。そこから、第 8 学年の「8ho. 人間性の起原」からの大階梯 3 で生物世界の歴史についての学習を発展できるように指導します。また人間がオナシサル類のあるものを祖先にして現われるまでだけでなく、人間が現われたことが生物世界にどう影響を与えたかを学ぶことになりますから、これも生物世界の歴史にとって重要な課題について学ぶことになります。

ここでは、学習指導単位ごとに、進化に関する内容、進化学習の指導を考える上で欠かせない基礎になるからだ、生活のしかたを中心にとり上げて具体的に述べることにしました。

2ea. 大昔の動物

指導の目標

つぎの 2 つのことを、子どもたちが自分の頭の中で描くことができれば、この学習指導は目標に到達したとみます。

- ①大昔の地球には、今いる動物とはちがういろいろな動物が生活していた。
- ②それらは、ある時期滅んでしまって、今は生きていない。

指導方法の基本

1. 骨格や身体、化石、生活の跡、遺留物など、そこから想像して描かれた大昔の動物の絵と文章を読んで学びとるよう指導する
2. 大昔のどのような動物を選ぶか
 - a. 食べ物・生活環境・敵となる動物のちがいがはっきりわかるものを選ぶ
 - b. 現在いるものと食べ物・生活環境が似ているものを選ぶ
 - c. 現在いるものとはまったくちがうものを選ぶ

指導の進め方の具体例

- ①マンモスを例に。ロシアの土の中から、こんな動物の骨が見つかった。なんという動物の骨だろうか。その後、凍った土の中から、この動物の骨とともに、くさりかけた毛皮やからだの一部が見つかった。そこから、研究者が想像してつぎのような絵を描いた
- ②化石人類を例に。アフリカの岩石の中からこんな動物の骨が石のようなものになったものが見つかった。研究者は、これからこの動物の頭がどのようなだったか想像して絵に描いた
- ③チラノサウルスを例に。アメリカの沙漠の岩石の中から、下のような動物の骨が石のようなものに変

わったものが見つかった。これをもとに想像してこの動物の絵を描いた

④プテラノドン为例に。大昔に生活していた動物の化石である。空を飛んでいたと考えられている。

⑤魚竜为例に。これも大昔の動物の化石であるが、これからこの動物が海に生活していたものであることがわかった。:

3cf. 栽培・飼育と生育・繁殖

指導の目標

1. 生物の基本的な特徴である自己保存性・自己更新性は、大きく変わることなく引き継がれる部分と生き方を大きく変更しながらひきつがれる部分の結びつきから成り立っている。そのうちの、大きく変わることなく引き継がれる部分の基本について学ぶ。具体的には、植物動物の種子または卵・生まれたての子で生まれ、育って成体になり、種子または卵・子が生まれ、それが育ち始めるところまでを見届ける。
2. 作物や飼育する動物が生きてきちんと育ち、子孫を残すには、植物や動物にどのようなはたらきかけをすればよいかを、実働を通じて学ぶ。
3. 人の管理がなくなった時、植物世界は、自然なままにどう存在するかを学ぶ
4. 春から夏へ、秋から春にかけての季節変化にともなって、植物のからだ、生活のしかたはどう変化するかを学び、第4学年の「4pl. 身のまわりの植物のからだと生活」の学習へとつなげる。

指導方法の基本

1. 校庭に観察園を設けて、a. 作物を栽培して観察する b. 観察園の作物に随伴する植物・動物を観察する
2. 校庭の観察園以外の場所に、継続観察する場所を決めて観察する。特別に保護のための管理はしない。
3. 教室に水槽、プランタン、飼育箱を置き、水生動植物、作物、昆虫など小型動物を飼育・栽培し、観察する
4. 観察の基本手段として、どの植物も葉・茎・根、花からできていて、種子は花で形成されること、植物の種類によっては、地中部が冬を越し、翌年そこから発芽することを確認する。
5. 観察園では、夏のおわり、あるいは秋に収穫した後、そのまま放置して管理を一切行なう部分と秋から翌春にかけての作物栽培の準備する部分に分ける
 - a. 春から夏にかけて生育した植物はつぎの時季に注意
 - ①花を咲かせ種子をつくる時季
 - ②枯れる時季
 - b. 冬越しする植物はつぎの時季に注意
 - ①芽生えの時季
 - ②ロゼットの生育時季
 - ③ロゼット葉が冬の厳しさで枯れる時季
 - ④冬越ししてから直立茎を伸ばす時季
6. 観察園における作物栽培は、農耕学習の一環としてではなく、植物学習の一環としての手

段であるから、植物の生活の観察のための手段として施肥・散水・除草などを一切行なわない、あるいは生活をとらえるための実験的手段として行なうのにとどめる。

7. 栽培にあたっては、可能なかぎり苗植えからではなく、播種から始める。

4ep. 絶滅生物と現在の生物とのつながり

指導の目標

現在生活している生物は、過去の生物のあるものが祖先になり、それが変化して出現したことを学ぶ。そうした歴史的過程をとらえるにあたっての基礎として、「現在の生物—祖先の生物」関係をとらえる学習を指導する

指導方法の基本

1. 異なるが、基本になるところでたがいに共通している生物を選ぶ
2. 大昔、昔、現在というように、大昔と現在の生物の歴史的に中間に位置している生物(昔の生物)を並べ、大昔から現在までにどのような変化が起こったかを学べるようにする

指導の進め方の具体例

- ①マンモスとゾウは、からだが似ているので、同じなかまの動物です。しかし、マンモスは大昔に生活していて、絶滅して今はいません。ゾウはマンモスが滅んだあと出現した動物で、今も生活しています。
- ②サーベルタイガーとトラは、からだは似ているので、同じなかまの動物です。しかし、サーベルタイガーは大昔に生活していて、今は絶滅していません。トラはサーベルタイガーが滅んだあと出現した動物で、今も生活しています。
- ③始祖鳥という動物が大昔いました。今は滅んで生きていません。トリに似ていますが、大昔の空を飛んでいた大型爬虫類に似ているところもあります。始祖鳥は、飛行爬虫類とトリとの中間にいた動物です。そして、この3種の動物が「祖先—子孫」関係にあることを確認する。

4i. 昆虫世界

指導の目標

1. 昆虫類の適応放散の結果である昆虫類の多様さに注目して学ぶ
2. その多様さが、たがいに競争することなく、共存していることを学ぶ。

指導方法の基本

1. 校内、地域のさまざまなところに生息しているいろいろな昆虫を集め、また図鑑など書物に描かれている昆虫を集め、昆虫として共通していながら、からだ、生活場所、生活のしかたのちがいに注目し、似ているものどうしを1つの群としてまとめ、ちがうものを分け

る

2. 口器に注目し、そこから食物、獲得のしかたのちがいを予想しながら、それを図鑑など書物によって確かめる。
3. 翅の似ている点、ちがう点に着目して、飛び方の共通点、相違点を明らかにする
4. 肢の似ている点、ちがう点に着目して、歩き方の共通点、相違点を明らかにする
5. 図鑑など書物にみられる昆虫類の分類から、何を基準にしているかを学ぶ
6. 卵、幼虫、子虫、成虫のからだと食物、生活場所のちがいに着目して、コンチュウの一生のなかで、すみわけて親子間の競争も避けられていることを学ぶ

指導の進め方の具体的な留意点

1. つぎのようなものが考えられるが、このすべて、あるいは特定のものを選んで調べる。
 - a. 確かに昆虫か
 - ①肢はあるか ②肢は何本あるか ③昆虫か それとも他の虫か
 - b. 翅
 - ①翅はあるか ②翅は何枚あるか ③飛ぶのに役立つ翅は何枚か
 - c. 移動のしかた
 - ①どのように移動するか ②その中で主な移動方法はどれか ③飛ぶ・歩く・胴体を地表につけて移動する(はう)・跳ぶ・その他
 - d. 食物
 - ①生体か死体か、排出物か ②動物か植物か、細菌類か真菌類か
 - e. 食物の得かた
 - ①そのままのみ込む ②くだいてのみ込む ③なめ・けづりのみ込む ④吸い込む ⑤その他
 - f. 生活場所 1
 - ①陸地か水中か ②水面か水中か ③地表か地中か ④地表から離れるか(空中か)
 - ⑤植物体の中、体表 ⑥動物の体内 体表
 - g. 生活環境 2
 - ①海 ②池・湖・沼 ③川 ④一時的な水たまり ④その他
 - h. 生活環境 3
 - ①森林 ②草原 ③低木林 ④植物まばら地帯 ⑤無植物地帯 ⑥その他
 - i. 生活環境 4
 - ①水田 ②畑 ③田畑の周囲(畦道) ④家の庭 ⑤家の周辺 ⑥家の中 ⑦その他
 - j. 子孫の産み方
 - ①卵か子か ②卵・子を守るか ③子に食物を供給するか
 - k. 変態
 - ①変態しない ②変態する(幼虫と成虫の間にさなぎになる) ③変態する(幼虫と成虫の間にさなぎにならない)

2. それらの昆虫が、昆虫として基本が共通しながら、それぞれの昆虫によって異なる面があり、昆虫世界は全体として多様である。
3. 各昆虫の生活のちがいは、生活要求のちがいとなり、共存の基礎となっている。
4. 各昆虫は、基本は共通しながら、からだも生活のしかたもちがひ、多様になっているのは、進化(系統性と適応放散からとらえる)がもとになっている。

5. 発育過程と変態について

すべての多細胞生物の発育は、[受精卵]—[胚(胎児は胎生動物だけにみられる特殊段階)]—[成体(子—親)]という過程をとる。しかし、成体のからだが大きく複雑な動物の中で、卵が小さく、その中にふくまれている栄養物質の量が卵内での胚の生存および成体に向けての発育に必要な栄養物質量に見合わない場合には、発育半ばで栄養物質が尽きて、独立生活して栄養物質を環境からとり入れるか、自体で合成するかしながら(植物の場合)、さらに発育を進めることになる。この発育途上で成体とはちがうからだでちがう生活をするものが、幼生あるいは幼体、あるいは幼虫といわれているものである。また、同じ成体でも親と子は、生殖可能かどうかのちがいがある。また動物の中には、幼体の段階で生殖可能になるものもある。

昆虫の学習指導では、これまで変態が重視され、「完全変態」と「不完全変態」のちがいに子どもの目を向けさせるという傾向が強かった。しかし、それだけに焦点をあてて学習を指導するのではなく、他の生物の発育との比較でどこに特徴があるのか明確にする必要がある。また、これまで生物学では、対象としている動物のちがいによって「変態」という概念がちがうので、統一する必要がある。

変態とは、幼虫から成虫へと、からだ・生活のしかたが転換することをいう。もう1つ「無変態」というものもある。無変態とは、卵が孵化した時には子虫になる場合である。発育過程の変態に相当する部分を卵内で行なう昆虫である。ヒトや哺乳類は無変態である。ほとんどの魚類も爬虫類も鳥類も無変態である。昆虫でいわれる完全変態とは、「幼虫期」から「成虫期」の間に「さなぎ期」があるものをいう。さなぎ期は、幼虫期・成虫期と比べて、活発な生活することなく、ほぼ休眠状態になることと、この時期に集中して幼虫から成虫へ、からだが急激に変化する点で異なる。両生類は変態をする。卵が孵化してまず水中生活する幼生(おたまじゃくし)になり、休眠期がなく成体になって陸上生活をする(カエル)。両生類の多くは不完全変態である。エビ・カニなど甲殻類も不完全変態である。

さなぎのように、発育の途中で休眠状態になるのは、発育過程としては特殊なもので、似たものとしては、種子植物の「種子」がある。種子植物は、「受精卵」が「幼植物」になるまで「親植物」体内で発育する。種子植物は不完全ながら「胎生」ということになる。種子植物の場合、幼植物になると、発芽、発芽後の生育のための栄養源を伴って、親植物から離れて、休眠状態になる。これが種子である。この点で昆虫のさなぎ期に似ている。

指導の進め方の具体例

1. トンボ類のどれかとコガネムシ類のどれかを採取してきて、その生活とからだを幼虫と成

虫の両方で比較する

2. アブラムシのなかま

a. いろいろな植物を調べ、そこに着生生活しているいろいろなアブラムシを探す

①昆虫かどうか調べる

②翅はあるか どんな翅か

③食物を食べる口先はどうなっているか

b. 採集してきて教室の中で飼育して、毎日飼育箱を掃除しながら観察する。

c. からだを双眼実体顕微鏡で観察して調べる

からだの内部にはいろいろな大きさ、形の、生まれる前の子がいる

d. カメムシ、セミ、アメンボ、アブラムシ、タガメ、カイガラムシは、動物として大事なところが全部共通しているので、研究者は同じなかまとみています。

①何が共通しているのだろう。

②しかし、食べる物はちがう。カメムシ、セミ、アメンボ、アブラムシ、タガメ、カイガラムシのそれぞれは何を食物としているか

③生活場所、環境もちがう

3. いろいろな昆虫

いろいろな昆虫を採取してきて、からだ、生活のしかた 生活場所などを調べ、一覧表をつくってまとめる

4. チョウ・ガのなかま、ミノムシから調べる

①ミノムシの生活とからだ

何を食べて生きているのか

みのはどのようにしてつくるのか

ミノムシは成虫か幼虫か

②チョウの死がいを探してきて、翅についている粉のようなものを落として、顕微鏡で観察する。粉のようなものを全部落とすと、翅はどのようになるか

③チョウ・ガの成虫のからだの特徴を観察して調べる。とくにえさを食べる口はどうなっているか

④チョウ・ガの成虫は全部花の蜜を食べ物にしているのだろうか

⑤チョウ・ガの幼虫は全部植物の葉を食べているのだろうか。

⑥ガの類には、有毒物質を体表につけているものがあるので、前もって図鑑や絵本で、調べておこう。ケアシドクガ、イラガ、チャドクガなどいろいろいる。

5. ハチ類

①ミツバチは、植物の花にとまり、蜜や花粉を食べ物として集め、巣に運びます。

昆虫は、花を咲かせる植物が出現する前に現われました。花を咲かせる植物が出現する前の時代、ミツバチはどのようにして食べ物を集めていたのでしょうか。

②ハチ類はすべて針を刺して、毒液を注入するのだろうか。

選択肢 1 すべてのハチが刺す 2 ハチの中には刺さないものがある 3 その他

③アリには翅がないが昆虫だろうか

6. シミ類

昆虫でありながら、翅がない。ノミなどのようにあったものが退化したのではない。

4pI. 身のまわりの植物のからだと生活

はじめに

この学習指導単位では、進化についての学習指導はごく一部分にすぎない。大部分は、植物がどのように生活しているか(存在しているか)を、‘からだと環境’との関係でとらえる学習を指導することになっている。しかし、この関係は、それぞれの植物によって異なり、からだがちがうことが異なる生活を営み、そのことによって互いに争うことのない共存になっていることを見ることになり、植物における多様性をとらえる 1 つの重要な視点を学習できるよう指導することになる。そしてそのからだと環境との関係における分化を歴史的な視点からみれば、適応放散の基礎的な学習が実現できる。

指導の目的

1. 校内・地域などに生活している草のからだのかたちと環境との間に密接な対応関係があることに目を向けて観察して学習する
2. その対応関係は、草のかたち、とりわけ茎の生育のしかたのちがいによってそれぞれの草によってちがうことを観察して学ぶ
3. 生育のしかたがちがうことによって別の環境の中で生活することになり、たがいに競い合うということがなく、共存できることに気づく
4. この生活環境のちがいを、場所のちがいと生活する時季のちがいに重点をおいて学ぶ

指導方法の基本

1. 季節変化に対応した植物の生活

3 年生の秋に放置した観察園で、秋から冬へ、冬から次の年の春まで、そこでの草の生活の変化と、それとの関係でのからだの変化を追跡する。

a. 初夏から秋にかけて生活していた植物の生育を、葉・茎の成長を中心とした栄養物質獲得のための生育から花を咲かせ種子をつくる生殖のための生育の転換に注目して観察し、枯れるまで追跡する。

b. その枯れ草の下に、芽生えを発見し、秋の終わりのころまで成長していく様子を観察する。とくにロゼット植物に焦点をあてる。

c. 真冬では、葉が枯れること、一方で新しい葉がロゼットの中心部にみられ、再生していることを観察する

d. 冬を越してから、葉の枯れはなくなり、大型化していくことに目を向ける

e. 春から初夏にかけてロゼットの中心部から直立の茎が伸びる様子を観察する。また高く

伸びるものと高くならないものにちがいがみられることに目を向ける

①伸びた茎に葉がつかないもの

②伸びた茎にわずかし葉をつけないで、花だけつけるもの

③高く伸びる茎には多くの葉がつくもの

f. 冬を越した草は、時季にちがいがあるが、やがて枯れて一生を閉じる。①～③のちがいによって、花が咲く時季が早いものとおそく初夏になるもの、さらに秋になるものがあることを見届ける

2. 植物の生活と光合成

一方、春に芽を出し直立茎を高く伸ばし成長を進め、夏になって優勢になる植物がいることを発見する。

a. 春から秋にかけては、多くの植物が繁茂してたがいに密集して生活することにより、植物間に日かげになるか、ほかの植物を日かげにするかの競争が起こる。

b. ロゼットのように背丈の低い植物は日かげになって死亡する。夏になって優勢になるものは直立植物である。

c. 植物の生存・成長・生殖にとって欠かせない栄養物質を、光合成という光を受けて合成するはたらきが植物にそなわっていること、日かげになって受ける光の量が少ないと、栄養物質の獲得量が少なく、十分に成長できず、また生存できない。

3. 植物のからだと生活環境との関係

1) 草は、その生育によってできたかたちがちがうと、生活環境との関係が異なり、そのからだのかたちに対応した環境のところでないと生活できない。

a. ロゼット植物のように、背丈の低い植物は、まわりに背丈の高い植物が繁茂すると日かげになって生活できなくなる。背丈の高くなるほかの植物が生活できないきびしい環境のところや冬のような環境がきびしい時季に生活できる

b. 茎が直立して高く伸びる草や、高くのびた植物にまきついたり、よりかかったりして高くなれるつる草は、ほかの植物に日かげにされることなく生活できる

c. 地表をはう草は、高くなれないので、日かげになりやすいが、ほかの植物が生活していないところではすばやく生活範囲を広げて繁茂する

2) 校庭や地域の空き地、農道の道端などに行って、ロゼット草、ほふく草、直立草、つる草を見つけ、見つけた場所がつぎの点でどのような環境のところか観察する

①草の生え方はまばらか密集しているか

②密集しているところでは、背丈は高いか低い

4. 水草の世界

水草は、陸に生活していたものが水辺へ、水中に生活場所を移して生まれた植物です。校庭の観察池の水草を観察して学ぶ

1) 水草のからだのかたちに注目する**a. 水草の葉の位置**

- ①からだ全部が水中にあるもの
- ②葉が水面より上にあるもの
 - ②-1 葉が水面に浮いているもの
 - ②-2 葉が水面からぬけ出て空中にあるもの

b. 水草の根

- ①根が底の泥の中にあるもの
- ②根が底の泥の中にないもの

2) 水草の生活のしかたに注目する

それぞれの水草のからだの特徴から生活のしかたを推定しよう

a. 光を受ける

- ①直接太陽からの強い光を受けられる
- ②弱い光しか受けられない

b. 風とからだ

- ①風が吹くとからだが流される
- ②風が吹いても、からだが流されない

c. 強い波とからだ

- ①強い波が立つとからだのどこかが切れて、葉が流される
- ②強い波が立つと茎が折れる
- ③強い波が立っても大きな影響を受けない

3) 水草のからだから生活場所を推定する

- ①風が吹くと大きな波が立ちやすい大きな湖・池でも生活できる
- ②小さな池・水たまり、大きな池の入り江のような大きな波が少ないところで生活する
- ③水深の浅い小さな池か大きな池の沿岸に生活する
- ④ほかの植物が生活できない水深の深いところで生活する

4) 水草の分類

観察池の水草をからだの特徴と生活のしかたから、つぎの4つに分類しよう

- ①根は底の泥の中、葉は茎(または葉柄)によって空中に支えられている：抽水植物^{ちゅうすい}
- ②根は底の泥の中、葉は水面に浮かんでいる：浮葉植物^{ふよう}
- ③根は底から離れ、葉と茎が合体して水面に浮かんでいる：浮標植物^{ふひょう}
- ④根は底の泥の中、からだ全体が水中：沈水植物^{ちんすい}

5) 地域の水草

学校のまわりの地域にある水田や池などの水草を観察して、4 つに分類しよう。

6. 水草の出現

水草は、普通の陸上植物と同じように、からだは葉・茎・根からなり、花が咲き種子をつくる。祖先は陸に生活していた植物で、それが水辺に移住してからだ・生活のしかたが変わって安定した生活をおくるようになって生まれた。中には、沈水植物のように、完全に水中で生活するものも現われた。花も空中に出て咲かせるものと、水中で花が咲くものがある。

5m. 哺乳類世界

指導の目的

1. 哺乳類世界の多様性に目を向ける

哺乳類の各動物についても、「4i. 昆虫世界」の 3-1 に示した a~k の項目を参考にして、哺乳類として共通している点と異なる点について調べ、哺乳類世界全体としての多様性を明らかにする。

2. からだと生活のしかたと生態的地位との対応関係

各哺乳動物にみられるからだと生活のしかた、生活している場所の環境とそこでの生態的地位(とくに何を食物とし、どのように捕食するか)との対応関係によって生存できることを明確にする。

3. 適応放散

「4i. 昆虫世界」での学習指導よりも、歴史的視点からの学びを強く意識して、適応放散を中心として各哺乳動物をとらえるようにする。それは、分類群でいえば、目の単位でみられる適応放散と、それよりも下位の分類単位での適応放散の二重にとらえるようにする。

たとえば、サル類でいえば、哺乳類世界全体の中では、樹上生活・植物食を主にという生態的地位を得、サル類の内部では、森林生活者とサバンナ生活者、主要な行動域(地表・樹上・樹冠部)のちがいや、行動のしかた(枝渡り・樹上歩き・地表疾走)と前足(親指の退化の有無など)・後ろ足との対応関係から適応放散が細部にまで浸透している。またイヌ・ネコ類は、地表生活・食性のちがいから、哺乳類世界全体の生態的地位を明確にし、その内部における適応放散については、クマ類でいえば、熱帯から北極圏まで地理的に分散してすみわけていることなどに目を向ける。サバンナ生活しているネコ科動物のからだの大きさと狩猟する動物の大きさの対応関係などがある。

4. 哺乳類世界の形成

哺乳動物が爬虫類から派生して出現し、恐竜など大型爬虫類が減ったあと、生き残った小中型爬虫類でもなく鳥類でもなく、哺乳類がさまざまな環境の場所に分布を拡大して適応放散した。

- 1) 哺乳動物は、下顎骨が 1 つの骨片からなり、爬虫類の下顎骨を形成していた他の骨片が耳小骨に変化することによって爬虫類から分かれて別の動物になった。

- 2) その特徴だけでは、さまざまな環境の場所への分布の拡大は不可能である。
- 3) 足が胴体の真下に位置したこと(走行に適したものになった)、脳の発達、歯の分化、哺乳の実現、体毛の出現、体温調節の実現などが基礎となった。

指導の具体例

1) ギリラの生活とからだ

a. ギリラの生活

- ① ギリラは、アフリカの森林に生活している。
- ② おもに地表を歩き、植物の葉ややわらかい茎を採って食べる。時に樹上に移動することもある。西アフリカのギリラの中には、樹上生活が主で、地表におりることが少ないものもいる。
- ③ 1 頭のおとなのおすと数頭のおとなのめすと子どもで集団生活している
- ④ ギリラを捕らえて食べる動物はいない。またライオンやゾウは草原に生活しているので、ギリラとライオン・ゾウと出会うことはない。
- ⑤ ギリラは、葉食であり、果実食よりも栄養価の低い食物をとることになり、多食となった。そのことによって胴体が大型化し、からだ全体が大きくなった。そのことによって、植物食でありながら、他の動物に食われるということがなくなった。
- ⑥ ギリラにとってもっとも恐ろしいのは、人間である。野生動物の狩猟をスポーツにして殺したり、畑や工場、家などを作るために、ギリラが生活している森林を焼き払ったりしてきた。ギリラは、絶滅の危機にある。
- ⑦ 日本にはギリラの研究や保護のために活動している人がいる。

b. ギリラのからだ(ギリラのからだをヒトのからだと比較して明らかにする)

- ① 全身と骨格をヒトのからだと比較する
前足が長く、後ろ足が短い(ヒトは腕が短く、足が長い)
斜め立ち姿勢、変則四足歩行(ヒトは直立姿勢二足歩行)
- ② 頭骨を比較する
脳頭蓋が小さい、眉上突起の発達、口先が出ていて「おとがい」がない
- ③ ギリラの後ろ足とヒトの足を比較する。ギリラの前足とヒトの手を比較する

2) ライオンの生活とからだ

a. ライオンの生活

- ① ライオンは、草原でほかの哺乳動物を捕らえて食べ、生活している。
- ② 自分のからだよりも大きい動物を捕らえる場合には、集団で共同して捕らえる。
- ③ ライオンは複数のおとなのめすと子どもが一緒になった集団で生活している。これにおとなおすがついている場合もある。ライオンのおとなのおすは、単独か、おすだけの集団で生活しているものが多い。
- ④ 子ども以外は、他の動物食哺乳動物に襲われることはない

b. ライオンのからだ

- ①ライオンとゴリラの、全身、その骨格、頭骨、前足・後ろ足を比較する

3) 大昔アメリカ大陸にいたウマ**a. ウマの生活**

- ①ウマは、草原で生活している大型の哺乳類で、同じなかまのシマウマを例にその生活のしかたを調べる。

b. ウマのからだ

- ①ウマの全身、その骨格、足、頭骨をライオンと比較する

c. ウマは、その祖先にあたる哺乳類動物が変化を続けて、現在のような動物になった

- ①アメリカ大陸に現在生活しているウマは、ヨーロッパなどから人間が移入したものです。
- ②大昔には、アメリカ大陸にウマが生活していましたが、今は絶滅して生活していません。
- ③大昔のアメリカ大陸のウマは、時代とともにからだが変わり生活のしかたも変化した。
- ④アメリカの生物学者が、大昔に生活していたウマの骨格の化石を発掘して、古いものから新しいものまで順に並べたら、どういう変化をしてきたかがわかった。またそのようなからだの変化は、生活環境の変化、食物とする植物の変化と対応していた。
- ⑤ウマがその祖先から変化していったのとは別に、同じ祖先動物から分かれて、ロバや、現在アフリカ大陸やアジア大陸に生活するようになった。シマウマはその 1 種である。
- ⑥ウマの祖先がどのような動物であったかはわかったが、その祖先動物の祖先にあたる動物はどのようなものであったか。

4) ヒトのからだの起原

- ①ヒトは、オナシザル(ヒトニザル)類の中のあるものを祖先になって、何回もさまざまな変化を重ねる中で生まれた。
- ②その変化の途中の段階の骨の化石が発見されている。その化石を順に並べると、変化のあとがわかる。
- ③同じ祖先から生まれながら、途中で別の変化をして、オナシザル類のままのものもあった。
- ④祖先から変化して人類になったが、ヒトにならずに滅んだものもある

5) コウモリ**a. コウモリの生活****b. コウモリのからだを、ライオン・ウマのからだと比較する****c. コウモリ類には、主として日中活発に活動し、果実を主食にする大型なもの、夕暮れ・朝未明に活動し、虫を主食にした小型のものがいる。日中活動するものは大きな目があるが、**

夕暮れなどに活動するものは目が退化し、音波を発信しその反射した音を感じる特殊な感覚器官が発達している

6) 哺乳動物の適応放散

ネズミ類、ゾウ類、クジラ類などのほかに、からだも生活のしかたもいろいろちがうものがある。それらの動物の生活場所と主な食物の2つから、それぞれの哺乳動物の特徴を明らかにし、哺乳動物世界全体の中で、それぞれの動物がどのような位置にいるかを明らかにする。

7) 哺乳動物とは

哺乳動物には、ゴリラ、ライオン、ウマ類、ヒト、コウモリ類、ネズミ類、ゾウ類、クジラ類などさまざまなものがある。研究者は、それらの動物すべてに共通した性質を明らかにし、哺乳類として同じなかまに入れて、昆虫やトカゲ類などとは区別している。コウモリと鳥類は飛行するという点で似ているが、別のなかまである。クジラと魚類は水中を遊泳している点では似ているが別のなかまである。ライオンやゴリラなど哺乳動物は、たがいにちがうところがあるが、基本になるところで同じだからである。どこに基本的な共通点があるのだろうか。

8) クジラの出現した過程を調べる

9) ネズミ類の適応放散を調べる

①家ねずみの、ハツカネズミ、クマネズミ、ドブネズミの3種は、人間が出現して自分たちの生活世界を形成し、そこの移り住むようになったネズミ類です。この3種は、たがいに生活のしかた、生活環境が微妙にちがい、競争することなく共存しています。

②野ねずみに、アカネズミとヒメネズミというネズミがいます。たがいに生活のしかた、生活環境を別にして共存しています。

③ネズミ類という動物群は、非常にたくさんの種類の動物が属しています。リスもそうですし、ビーバーやムササビもそうです。

10) オナシザル(ヒトニザル)類の適応放散と共存

11) 動物園・自然史博物館・東京上野の科学博物館に行って哺乳類について調べる

5mb. 微小生物世界

はじめに

1. これから「^{びしょう}微小生物世界」の調査をします。「小」は「小さい」、「微」は「非常に小さい」という意味です。ですから、微小生物世界とは、「非常に小さい生物から成り立っている世界」

という意味です。

2. 私たちが普通小さい生物と思っているものは、昆虫のアリだと思います。ですから、目安としてアリよりも小さい生物で、目で見えるけれども、なんという生物かわからない生物と、目には絶対見えない生物とを合わせたものを「微小生物」と呼ぶことにします。

3. 目ではよくわからないもの、目では見えないものを、大きく見えるようにする道具があります。二年生の時に、虫めがねを利用しました。それよりもっと大きく見えるようにする

道具として「顕微鏡^{けんびきょう}」という道具があります。学校には、2種類のものがあります。一つは、

これから利用する「双眼実体顕微鏡^{そうがんじつたい}」です。もう一つは、ただ顕微鏡といっているものです。

指導の目的

1. 微小であることによって、目や耳などの感覚でとらえることのできない生物を、双眼実体顕微鏡や顕微鏡を使って観察する
2. からだの大きさはどれくらいか
3. どのようなところに生活しているか
4. 微小な生物がどのような生活をしているか、図鑑その他の本に書かれていることを手がかりに調べる
 - a. どのようにして栄養物質として得ているか
 - b. つぎの点からほかの生物との関係を明らかにする
 - ①大きな動物に食べられる
 - ②大きな動物の体内に入って寄生する
 - ③微小ながら、大型の植物、動物、菌類とのつながりから1つの生物世界をつくっている
5. 微小な生物は、大型生物よりも先に地球上に出現した。後から大型生物が現われた時に、微小生物の生活に変化が現われた。

指導方法

1. 微小な生物を探す

畑、林、砂場の土をとってきて、日のあたる明るいところでビニール膜の上に広げると、小さな虫のようなものが土の中から出て動き出します。

- ・逃げないうちに急いで、それを吸虫管^{きゅうちゅうかん}で採集してビンの中に入れましょう。
- ・採集したものをシャーレに移し変えて、双眼実体顕微鏡で観察しましょう。
- ・どういう動物が見えたか、昆虫図鑑、土壤動物図鑑をつかって調べましょう。
- ・気に入った動物が観察できたら、絵に描きましょう。
- ・砂場、畑、林の土で、

- a. 微小動物が一番多くいたところはどこですか。
- b. いろいろ変わった微小動物がいたところはどこですか。

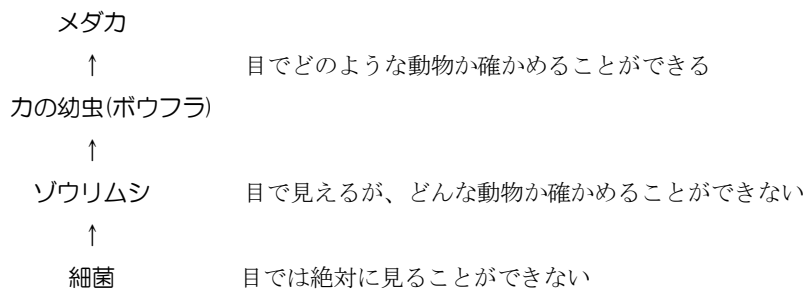
2. ゾウリムシ

- a. こんなお話を聞いたことがあります。

お墓の花いけにたまっていた水の中をのぞいたら、力の幼虫のボウフラがたくさんいました。ボウフラは何を食べて生きているのだろうかと思って、その水を全部とり出して、ピーカーに入れて持ち帰りました。それから、虫めがねで観察していたら、ボウフラがゾウリムシらしいものを食べていることがわかりました。

ゾウリムシが何を食べているか、自分では調べられないので、いろいろな本や研究論文で調べていましたら、細菌を食べているということがわかりました。またボウフラは、水たまりや池ではメダカなど小さな魚に食べられていることもわかりました。

そこで、これらの生物どうしを「食べる—食われる」関係を、図に描いてみましたら、下のようになりました(↑は、食べられるほうから食べるほうへの食べ物の移動の方向)。



この「食う—食われる」の関係は「食物連鎖」とよばれています。

- b. 水田からドロと水の両方をとってきて、水槽に入れて様子を見よう。微小生物はみられるでしょうか。いるようでしたら、双眼実体顕微鏡で観察しましょう。ゾウリムシはいますか。
- c. ゾウリムシの動画がありますので、見ることにします。

3. 細菌

- a. 細菌というのは、バクテリアともいいます。双眼実体顕微鏡では観察できません。細菌とはどのような生物か、本で調べてみましょう。まず国語辞典で調べましょう。国語辞典で細菌について知りたいことがわからなかったら、生物関係の本で調べましょう。
- b. どれくらいの大きさの生物なのでしょう。
- c. 細菌はどのようにして栄養物質を得ているのだろうか。

ゾウリムシは、自分よりからだが小さい細菌をのみ込み、体内で消化して栄養物質を得ています。ボウフラはゾウリムシよりからだが大きいのでのみ込んで得ています。メダカは、ボウフラをのみ込んで得ています。細菌はまわりには自分より小さな生物がいません。まわりはみんな自分より大きい生物です。

4. 細胞を見つける

- a. 微小生物だけでなく、からだが大きな生物でも、からだの細かいところを調べるには、顕微鏡がつかわれます。水草の葉を顕微鏡で観察しよう。からだが微小なふくろのようなものがたがいに接着してできていることがわかります。この小さなふくろのようなものを細胞さいぼうといっています。
- b. 水草だけでなく、人間もライオンも、草や木も、大きい生物は、みな細胞がたがいに結合してからだができています。「多細胞生物」といっています。
- c. ゾウリムシや細菌のように微小な生物は、からだは細胞の集まりではありません。正確には「非細胞性生物」といいますが、「単細胞生物」ということばが普通つかわれています。

5tp. 草と木

指導の目的

1. 人のはたらきかけがない、自然のままの状態にすると自然はどうなるかを学ぶ
2. 学校・地域にはどのような植物世界が存在するかを学ぶ
3. 草原と森林は、同じ植物世界であるが、どこがちがうかを学ぶ
4. 草と木は、同じ陸上植物であるが、どこにちがいがあるか学ぶ

指導方法の基本

学校・地域の植物世界を調べるために

1. 校庭にある遷移園の植物は、放置してからどうなっているか
 - a. 自分たちが 2 年前の秋に放置したところ
 - b. 上級生が 3 年前の秋に放置したところ
 - c. 卒業生が 5 年前の秋に放置したところ
 - d. 卒業生が 10 年前の秋に放置したところ
 - e. 卒業生が 20 年前の秋に放置したところ
2. 植物についての本の中の「植物群落の遷移」という項目を読んで、植物世界が時間の経過とともに、つぎのように変化していくことを調べる。この変化は遷移せんいとよばれています。

①無植物地帯→②植物まばら地帯→③低層草原→④高層草原→⑤低木林→⑥高木林

3. 校庭の遷移園以外の場所の植物世界が①から⑥のうちのどれかを調べる
4. なぜそのような状態になっているのか、原因を考える
5. 地域の植物世界は、①～⑥のどれかを調べる
6. 地域の森林について、つぎの①～③のうちのどれかを調べる
 - N. 放置して自然のままに森林になったもの①
 - n. 森林にするために地域の人がはたらきかけて森林になったもの

n1.期待したとおりになるよう、はたらきかけをやめていないところ②

n2.途中で放置したところ③

草原と森林、草と木

- a. 草原と森林はどこがちがうか、地域の草原・森林を観察し、本に書かれていることを調べる
- b. つぎのことを、校庭や地域に生えている草と木を観察し、本で調べて明らかにする
 - ①草と木は、どこがちがうか
 - ②草と木は、背丈を高くするのにどこがちがうか
 - ③草と木は、ほかに同じ陸上植物としてどこがちがうか
 - ④遷移園や地域では、草原から森林に変わる理由は何か
- c. 草原から森林に変わって、木が優勢になりましたが、草は減ってしまったのだろうか

6fb. 真菌類と細菌類

細菌類

指導の目的

1. 細菌は、目では見ることができない小さな生物ですが、人間と密接な関係にあります。それを知ると、生活に重要な変化をもたらすほどのすぐれた技術をうみ出す場合もある。
2. 目で見ると感覚でとらえられないものに対してどうするかということを知る上でも重要な意味があります。
3. 細菌は、生物世界の中では、生物としての存在のしかたの上で、ヒトと対極にある生物で、その生物がどのようなものかを知るか知らないかは、生物世界の見方を大きく左右する。
4. 細菌の中には、人間にとって有害なものが多種類いる。

指導方法の基本

ペスト菌

1. つぎの写真は、顕微鏡による、ペスト菌という細菌の写真です。実物は小さく、眼で見ることができません。細菌の多くは、からだの大きさが 1000 分の 1 mm (1 μ m、マイクロメートル) 以下です。それほど小さい生物ですから、目で見たり耳で聞いたりして知ることはできません。ところが、この細菌は、ペストという恐ろしい病気の原因で、昔から大勢の人がこの病気が原因で死亡しました。今から 500 年以上前のヨーロッパでは、人口の 3 分の 1 の人が、このペスト菌が原因で死亡しました。
2. 世の中には、見えないものでも、自分たちにとって重大な問題となるものがあります。見えないからといって、そのままにしていたら、たいへんな被害を受けることがあります。それらを知るにはどうしたらよいか。幸い、病原菌については、研究者や医師の努力によって多くのことが明らかにされてきましたから、そうした人たちの研究の中の信頼できる結果を書物などから探し出せば、知ることができます。
3. ペストとペスト菌について本で調べよう。また日本では現在ペスト菌によって病気になる

ことはないが、どうしてそうした安全性が保たれているかも調べておこう。

細菌という生物

1. 細菌は、生物としては一番小さい生物ですから、増えるのに自分のからだの中に卵や子をつくることはできません。どのようにして増えるのでしょうか。
2. ゾウやクジラのような哺乳動物は、地球上に最初に現われた生物に比べると、何回となく大きく変化して現在のようなからだになりました。スギやケヤキなどの大木になる植物も最初の生物と比べると、からだが大きく複雑になってかけ離れたものになりました。
3. それに対して、細菌類は、地球上に最初に出現した生物と比べて、あまり大きく変わることなく、からだ小さく単純なまま現在まで生きてきた生物です。しかし、変わらないわけではありません。人間の腸内にいる大腸菌は、人間が出現してその腸内の環境に合うようなからだに変化して生存できるようになりました。だから、人間よりも新しい生物です。
4. ペスト菌や大腸菌など細菌は、生物の中では一番小さな生物ですから、動物にのみ込まれるだけで、ほかの生物をのみ込むことはありません。何をどのように栄養物質としてとり入れているのだろうか。
- 5.ほかの生物に取り囲まれた場合に、それらはすべて細菌よりも大きな生物です。その場合どのようにしたら生きのびることができるのでしょうか。
6. 本などで調べ、いろいろな細菌について、どのくらいの大きさで、どのように生活しているか、明らかにしよう。

真菌類

指導の目的

1. 真菌類というのは、キノコ、カビ、コウボのなかまです。寄生生活をしています。目でたしかめられるほどの大きさで植物でないけれど、動物でもなく、生物らしいというものを見つけたら、それは真菌類です。
2. キノコ、カビ、コウボも、有用性、有害性の両方で人間と密接な関係があります。
3. また生物世界の中では生活のしかたが対極にあるといえるほどちがいます。

指導方法の基本

1. 真菌類を育てて、観察しよう。
 - a. 防腐剤を使っていない食パンを買ってきて、シャーレの中に入れて、何日か様子を見よう。青・黄・黒など円い斑点が見えたら、それは、カビの増殖したものです。
 - b. 梅雨時、ゆでたトウモロコシを放置すると、アカパンカビというカビが増殖して、オレンジ色になります。
 - c. お餅も、防腐剤をつかっていないものと、カビがはえます。
 - d. これらをスライドグラスに少量とって、双眼実体顕微鏡か顕微鏡で観察してみよう
2. 青果店やスーパーマーケットの野菜売り場で、店の人の許可を得て、きのこの写真に撮り、それらが何というキノコか調べよう。きのこはキノコという真菌類の繁殖器官です。

3. 校庭で、キノコを見つけて採集しよう。手袋で採取して 1 つ 1 つ別のビニール膜に入れて、きちんと封をしよう。採集したものは、2 つにまとめよう。

1) まちがいなく、自信をもって真菌類と思うもの

2) 真菌類かほかの生物か、自信をもって区別できないが、真菌類だと思っているもの

4. 校庭で、目で見えて発見したきのこは、すべて多細胞の真菌類です。多細胞の真菌類は、からだが栄養摂取と成長をする部分と、繁殖のための部分の 2 つに専門化しています。栄養摂取する部分は、ほとんど地中の中にありますから、土ごと採取して教室に持ち帰ろう。

5. シャーレの上で、きのこのかさの部分の指ではじいて、白い粉のようなものをシャーレに受けて、双眼実体顕微鏡か顕微鏡で観察してどのようなものか、調べよう。白い粉は、胞子という空中を飛散して繁殖するためのもの(繁殖子)です。陸上での繁殖に不可欠なものです。

6. 採集してきたものを、目で見えて、あるいは双眼実体顕微鏡で観察して、栄養摂取・成長部分と繁殖部分の区別をしましょう。

7. 採集してきたものの名まえを図鑑や絵本で調べましょう。またその時、自分たちが栄養・成長部分と繁殖部分の区別が正しいかどうか、検証しましょう。

8. 真菌類の名まえを知ったり、区別したりすることは難しいので、みなさんが調べたことが誤っている場合もあります。博物館や研究所の真菌類の研究者に、自分たちが調べた結果を報告し、誤っているところは訂正してもらってください。

9. 真菌類は、どのように繁殖しているのか、本などで調べてはっきりさせましょう。

10. 真菌類は、どのように栄養物質を得ているか、本などで調べてはっきりさせましょう。

11. コウボは単細胞の真菌類です。からだも栄養の得かたも、ふえかたも多細胞の真菌類と比較して、ちがうのか同じなのか、確かめよう。コウボは、パンづくりやぶどう酒づくりに利用されているものがあります。

12. 真菌類は、細菌と同じように、人間の生存、生活と密接な関係があります。どのように関係しているか調べよう。水虫といわれている皮膚の病気のもと、動物ではなく真菌類です。

a. 抗生物質という医療薬があります。ペニシリンがその 1 つで、傷口の化膿をとめます。

a-1. 化膿とはどのような病気か調べよう。

a-2. ペニシリンがなぜ化膿をとめるのか調べよう。

a-3. その他、日常重視されている医療薬の中に、真菌類が関係しているものがあります。どのようなものか調べよう。

b. 真菌類には、食品加工などに役立っているものが多くあります。調べよう。

c. 真菌類の中には、食中毒などの病気のもとになるものがあります。調べよう。

6ph. 植物世界とその形成過程

指導の目的

- 1. この学習指導単位での学習指導は、まず、これまでほとんど目を向けてきませんでした藻類の世界についての学習から指導します。
- 2. その後で、もう 1 つの陸上植物である、コケ植物の学習へと進みます。
- 3. そして、水中生活から陸上生活へ生活場所を移す植物が現われて、植物の生活環境が広がり、生活のしかたも大きく多様化していったことを学ぶようにします。
- 4. こうして第 1 学年から第 5 学年まで進めてきた草と木についての学習の成果と合わせて、植物世界を成り立たせている植物の生き方の基本を明確にします。
- 5. これを基盤に、植物世界が形成されてきたあとをたどり、植物世界とその形成過程をとらえる基礎についての学習の指導を完了します。
- 6. この後の「大階梯 3」では、人間と植物世界との関係に焦点をあてた学習を進め、植物についてのより高度の学習をこれに加えるというように考えています。

指導方法の基本

藻類の世界

1. 海中植物

- a. 海にも水中植物が生活しています。ホンダワラ・コンブ・アラメ・アオサ・アサクサノリ*を観察します。これらは海で採集したり、漁業の人から買ったりもらったりしたものです。
*どれも、最初に乾燥したものを見てもらう。それから、それらを水槽に水につけて、十分水を吸ったところで、生体に近いからだになったら、再びみてもらう。
- b. ホンダワラなどこれら 5 種の植物について、図鑑など本で調べる。
- c. これら 5 種の水中植物を、からだの形と色に注目して比べますと、つぎのようになります。

からだが茎と葉に分かれている				ホンダワラ	
からだが葉状・枝状		アサクサノリ		コンブ アラメ	アオサ
からだが糸状					
からだがたくさん 細胞からできていない					
	藍色	紅色	黄色	褐色	緑色

2. 水草と比べる

a. 四年生の時、「4p1. 身のまわりの植物のからだと生活」という主題の学習で、水草について学習しました。水草は、陸上に生活していた或る植物が水辺に移住し、そこで生活できるようになった植物です。さらに水の中で生活するものに変化した植物もありました。水草は、からだと生活のしかたのちがい・似ているところをもとに、つぎの4つに分類しました。

- ①根は底の泥の中、葉は茎(または葉柄)によって空中に支えられている：抽水植物
- ②根は底の泥の中、葉は水面に浮かんでいる：浮葉植物
- ③根は底から離れ、葉と茎が合体して水面に浮かんでいる：浮標植物
- ④根は底の泥の中、からだ全体が水中：沈水植物

b. 藻類の中に、水草4種と似たものがありますか

- ①抽水植物と似たものがある
- ②浮葉植物と似たものがある
- ③浮標植物と似たものがある
- ④沈水植物と似たものがある
- ⑤水草と似たものはない

2. 藻類の3つの特徴

水中植物のうち水草以外を藻類そうらいといいます。からだにつぎのような4つの特徴があります。

- ①からだのまわりが水だから、水の吸収は体表から行ない、根のような水吸収のための特別な器官がない→陸上でいつも水があるのはどこでしょうか

陸上植物は、からだのどこから水を取り入れているでしょうか。

- ②からだのまわりが水だから、体内の水が失われる心配がない

→陸上では、植物は、いつも体内の水が失われる危険があります。陸上植物はどのように水が失われるのを防いでいるでしょうか。

- ③水中なので、からが浮けばからだを明るい水面近くにできます

→陸上植物は、葉を明るい高い位置にするにはどうしていますか

- ④種子のような繁殖のための小さなからだ(「繁殖子」という)が空中を飛んで繁殖する

3. 海中森林—テレビの映像をみる

藻類の中には、からだの長さが 100m 近い大きなものがあります。マクロキスチスとよばれています。マクロは大きい、キスチスは藻類という意味です。カナダ周辺の海中に、密集して生活しています。それは陸上の森林のようなので、「海中森林」とよばれています。

4. 教室の水槽の中の藻類

a. 水槽の中には、育てている水草があります。それ以外に、藻類も生活しているはずです。水草にはつぎのような特徴があります。この2つの特徴がないと、水草以外のものです。

- ①ある時季になると花が咲く
- ②からだは葉・根・茎の3つからできている

b. 藻類と、動物・その他のものを区別するには簡単な方法があります。

水草をふくむ水中植物とは：水中にあるものの中で、からだに[]があって、[]
 というはたらきをしている生物

c. 水槽の中に、つぎのような生物がいるはずです。探してみよう。

緑色をしていて水草ではない生物：藻類

d. 水槽の壁の内側に、緑色のよごれみたいなものがあつたら、それは、微小藻類の集団です。
 はがして、スライドガラスの上でばらばらにして、双眼実体顕微鏡か顕微鏡で観察してみよう。

5. 校庭の観察池の藻類

校庭の観察池から、水草以外の水中植物を採取して、双眼実体顕微鏡をつかってくわしく観察しよう

- ①からだが非常に小さく単細胞のものはあるか
- ②からだ細胞がいくつもつながっているものはあるか
- ③泳いでいる藻類はいるか
- ④その他変わった藻類を見つけよう

6. 藻類いろいろ

- a. 図鑑や本などを利用して、もっといろいろな藻類について調べてみよう。
- b. どのようなことを調べれば、それぞれの藻類の特徴をはっきりさせることにしよう。
- c. 最初に、からだの色と形から整理してみよう。

①からだのかたち： i 多細胞かどうか、 ii 多細胞のものは糸状の形か

iii 枝分かれした形か、 iv 葉状か、 v 茎と葉の区別があるか

②からだの色： 藍色・紅色・黄色・褐色・緑色

d. ほかに何を調べたらよいか

調べ方がわかったら、実際に調べて、別の整理のための表をつくろう。

7. 藻類世界の発展してきたあと (進化)

- a. 調べた藻類の中で、藻類の祖先から大きく変化してきたものはどれか
- b. 調べた藻類の中で、藻類の祖先から変化してきたが、大きく変化していないものはどれか
- c. 藻類の祖先に比べて、あまり大きく変化しないものから大きく変化したものまで、順に並べてみよう。

植物の陸上への進出

1. 陸上植物

草や木など陸上に生活している植物は、すべて大昔海岸近くに生活していた水中植物の一部が海岸に打上げられて生まれたものです。

2. それら陸上で生活するようになったものは、その大昔からあまり大きく変化しないで現在も生きているものと、上陸後何回となく大きく変化して、からだが大きくなり複雑なものに変化して生活しているものがあります。

3. 草や木は大きく変わって、陸上生活の難しさに耐えることができた植物です。

4. 大きく変化しながらも、途中で大きく変わることなく、中間のからだをしている植物もあります。
5. あまり大きく変わらずに今日生きているものには、からだの大きさや構造が、水中の浮遊生活している微小な藻類と大きくちがわないものもあります。これを「陸上藻類」とよぶことにします。
6. 陸上藻類をふくむ陸上植物は、生活環境から水分が失われたり生活条件が悪くなったりして生活が困難になった時、繁殖子をつくり、それが乾燥に耐えるための丈夫で水を通さない殻をかぶって休眠します。そして、水分条件など生活条件が良くなった時に、発芽して成長を始めるところが共通しています。
7. 陸上藻類、コケ植物のように、からだが陸上生活のきびしさに十分に耐えられない植物とはどのような植物か、図鑑その他の本で調べよう。

2. コケ植物

1. 図鑑などでコケ植物がどのような植物かわかったら、校庭や地域に出て探して、教室で育てよう。
2. コケ植物は、からだの形がちがう 2 つの群がある。
①からだは葉状体→ゼニゴケ ②からだは茎葉体→スギゴケ
3. 採集してきた 2 群のコケ植物の全体のかたちと、部分の細かいところを双眼実体顕微鏡で観察しよう。
4. ある高校の先生だった人が、重要な実験をしています。それは、毎日ギンゴケとゼニゴケ 2 種のコケ植物を採集してきて重さを測る実験です。それは、ギンゴケを採集してきてすぐに重さを測り、そのすぐ後で乾燥して体内の水分を蒸発させて、また重さを測るという実験でした。からだの水分がどれくらいふくまれているか調べた実験です。

採集したばかりの重さ－乾燥した時の重さ＝体内の水分の重さ

この実験により大事なことがわかりました。晴れている日と雨の日、その翌日で、コケ植物の体内にふくまれている水分の量がちがっていたのです。どちらがっていたか、わかりますか。

晴れた日：体内の水分の量は→

雨の日、その翌日の水分の量は→

ところが、ゼニゴケで同じ実験をして、晴れた日と雨の日の体内水分の量を比べたところ、大きなちがいがなかったことがわかりました。ゼニゴケの場合、晴れた日であっても、体内の失われる水分の量が少ないのです。ゼニゴケのからだには、水分が失われない特徴があるにちがいないと、その高校の先生は考えました。

6. その水分が失われない特徴とはどういう性質か、図鑑や本で調べてみよう。書いてなければ、その先生の考えを聞くほかありませんが、その先生は、20 年以上も前に亡くなっています。そうすると、コケ植物の専門研究者に聞くほかありません。

*ゼニゴケは、からだの表面が水をとおさない物質で被われ、水は下側の表面の細胞

が地中の水分を吸収します。スギゴケは、雨や霧がある時にからだの表面が水を取り入れ、晴れた日になりますと、からだの表面から水分が失われます。

7. コケ植物はどんなにがんばっても、草や木よりも高くなれません。というより、草や木よりも高くのびることをしないで、低いままの生活のしかたをしている植物です。

コケ植物は、傍に背丈の高い草や木が密集して繁茂したらどうなるでしょう。

コケ植物が生活しやすい環境とはどのようなところでしょう。

自分たちが考えたことがまちがいないかどうか。もう一度校庭に出て確かめてみよう。またコケ・草木の両方が生活しているところがあったら、そこはどういうところかはっきりさせよう。

8. 陸上に生活している植物は、5つの植物群にまとめられます。

- ①からだが単細胞の微小な植物：陸上藻類
- ②からだが多細胞で、葉状のからだの植物：ゼニゴケ類
- ③からだが多細胞で、茎葉体であるが、背丈が高くなれない植物：スギゴケ類
- ④からだが多細胞で、茎葉体で背丈が高くなるが、花が咲かず種子をつくらない植物：シダ植物
- ⑤からだが多細胞で、茎葉体で背丈が高くなり、花が咲き種子をつくる植物：種子植物

9. 5群の植物のからだ、生活のしかた、繁殖について比較をしよう。

あるもの、あてはまるものは、○を記入する。

	繁殖子 防水	多細胞	水蒸散 防止	茎葉体	背丈が 高くなる	花	種子
陸上藻類							
ゼニゴケ類							
スギゴケ類							
シダ植物							
種子植物							

10. 下級生が学習するために必要な資料とするために、5つの群のうち、陸上藻類以外の4群の植物を採集してきて標本をつくろう。

陸上植物が進化したあと

1. 植物の研究者が進化についてつぎのように明らかにしたことをもとに、陸上植物がどのよ

うに進化してきたか、「陸上植物進化系統図^{けいとう}」を描いてみよう。

- ①陸上藻類とほかの陸上植物は、別の水中藻類を祖先にして生まれた
- ②2つのコケ植物と他の陸上植物は祖先が同じであるが、早い時代に分かれた
- ③ゼニゴケ類とスギゴケ類が分かれた時代は、シダ植物と種子植物がスギゴケ類から分かれた時代よりも早い。

植物世界の進化のあと

1. 植物の研究者が明らかにした植物の進化についてのつぎのことをもとにして、藻類と陸上植物を合わせた、植物世界全体がどのように進化してきたか、「植物進化系統図」を描いてみよう。

- ①最初に出現した植物は、からだの色が藍色^{あい}で単細胞で、微小な藻類であった。
- ②つづいて、からだの色がいろいろなものが現われた。
- ③紅色、褐色、緑色の藻類の中で、海岸近くに生活するようになったものの中に、からだが多細胞となり、からだがかたがた、葉状、茎葉状となり、だんだん大きなものが出現した
- ④陸上藻類以外の陸上植物の祖先は、緑色の藻類を祖先とし、陸上生活するようになってから4つの群に分かれた。

資料 植物世界とその形成過程の学習指導

1. 水中植物世界とは、陸で生活していた植物の一部が、水域に移住して定着した水草・海草と、水中で出現した最初の植物を祖先として生まれ、陸上生活をしなかった藻類とから成り立っている植物世界です。
3. この場合の植物世界の学習指導とはつぎのようなことを目標にしたものです。
 - ①植物世界は、どのような植物によって形成されているかを明らかにする
 - ②植物世界を形成している各植物はたがいになどのかかわっているかを明らかにする
4. ②の植物どうしのかかわりは、基本的にはつぎのようです
 - a. 植物の種類がちがうということは、生活のしかたがちがうことであり、ある特定の条件の下で競争関係が生まれることもあるが、基本的にはそれぞれの植物によって生物的な生活要求にちがいがあることから、共存可能となる。
 - b. たがいに密集して生活するようになると、まわりの植物によって日かげにされて死ぬかまわりの植物を日陰にして殺すかの競争関係がおこる。
 - c. 各植物がまばらに生息し、たがいにかかわることなく共存する
 - d. 競争状態になると、ある一定の法則性のもとに植物集団は遷移していく
 - e. 植物世界は、歴史的に発展してきた。この場合の発展とは、植物世界独自の生活のしかたの多様化と複雑化をいう。その過程は、動物とは異なる。動物は、からだの基本構造が大きくは変わらないものと大きく変わったもののちがいがもとになって分化が進んだ。それに対して植物世界は、まず細胞内の物質反応系に分化がおこり、その後沿岸部、陸

上で固着生活するもので、からだの基本構造のちがいに關して分化した。

5. 植物世界の形成過程は、動物世界の形成過程とは大きく異なる。形成過程の初期段階でいくつにも分化し、その後分かれたものごとからだの基本構造についての分化が起こるといように発展してきた。基本構造に大きな変化がみられたのは、固着生活しているもので、陸上生活者では緑藻類系統のもので著しく、海中生活者では褐藻類が著しい。浮遊生活者には基本構造が複雑になったものではなく、種類に關係なく非細胞性のからだである。これに対して、動物世界の場合は、基本構造についての分化が基本になって発展してきた。

2. 最初の植物は、いまは生存していない、細菌類以前の細胞壁のない原核植物であった。現在みられる植物の直接の祖先は、他の生物との合体によって生まれたもので、合体後の変化のちがいによって2つに分化した。1つは、のみ込まれた原核植物のほうがほとんどそのまま残り、のみ込んだほうの原核生物の内容物が退化して二重の細胞膜をもったものになった。現在の藍藻類である。もう1つは、現在の真核植物の祖先にあたるもので、のみ込まれたほうの原核植物は、光合成・アミノ酸合成を行う小胞となり(葉緑体)、生物体としてのその他のはたらきは、のみ込んだ方が担うことになった。のみ込んだほうの生物は、核、ミトコンドリアをふくんだ真核生物であり、ミトコンドリアの構造にちがいがある数種のものが、原核植物をのみ込んだので、真核植物が出現した時点で、複數種が生まれた。

3. その後光合成色素の分化などをもとにして分化が起こったが、からだの基本構造には大きな変化はみられなかった。

4. その後沿岸性の固着植物に基本構造のちがいによる分化が起こり、非細胞性植物から大型で構造の複雑なものまで基本構造の分化が起こった。

4. さらに、陸上に移住する植物が現われた。現在陸上で優勢になっている植物は、シャジクモのような緑藻類系統のものを祖先にして生まれたものである。

5. 陸上生活独自の問題は、体内水分の蒸散を防ぐことと、地中から水を吸収することであった。

7ah. 動物世界とその形成過程

指導の目的

1. 最初の動物がどのようなからだをし、どのような生活をしていたか、現生の動物から類推する
2. 最初の動物を祖先にして変化してさまざまな動物が出現した後を追跡する。その変化のしかたは、からだの大きさとしくみの複雑さを増すものと大きくは変化しなかったものがあることを学ぶ。単細胞のまま現在まで生存しているものと、多細胞になり、その後大きく変化したものでは基本的なちがいがある。
3. こうして、動物はたがいにからだが異なり、異なる生活のしかたをするようになり、また異なる環境の場所に移住して広がり、共存のしかたが発達したことを学ぶ
- a. からだが大型化、複雑化してすばやく運動するようになったものの中には、小型の動物に

対して食物連鎖の中の食う側に位置したものがいる。

- b. 大きく変化せずからだ小さく、単純なままの動物は、食物連鎖の大型の動物に食われる側に位置するようになったが、それによって滅びず、現在も生存しているものが多種類いる
- c. からだが小さく単純なままの動物の中には、大型の動物の体内に入り、寄生生活するようになり、寄生連鎖を複雑にしながら現在も多種類のものが生存している

指導方法の基本

1. 最初の動物

- a. 動物を「運動してえさを捕らえ食べる生物と、それを祖先にした光合成をしない生物」と考えますと、最初の動物は、多種類いました。その中の主な4種の「前^{まえ}べん毛虫」、「後ろべん毛虫」、「繊^{せん}毛虫」、「アメーバ」のからだと生活のしかたに目を向けることにします。
- b. これらの動物がどのようなからだをし、どのような生活のしかたをしているかを、実物や図鑑などの本の写真、図、記述、動画を手がかりに調べよう。まず図または写真をみて、つぎのことをからだの形から推定し、それから記述や動画で確かめてみよう。
- ① からはどのように移動するのだろうか
 - ② どのように栄養物質を獲得するのだろうか 捕食生活か寄生生活か
 - ③ ほかの動物に捕食されるだろうか(墓の花いけのボウフラはゾウリムシを食べていた)
 - ④ 不要物や余分な水を捨てる「収縮胞」があるもの、捕えたえものを消化する「食胞」、生殖に中心的にはたっている「核」を確認する
- c. 前べん毛虫は、6年生の時に植物について学習で知ったトリパノゾーマがその例です。長いべん毛がからだの先端にあって、それで泳ぎます。カのような昆虫やヒトに寄生するものが多く、病原虫として恐れられているものもいます。ミドリムシも、この前べん毛虫を祖先として出現したのですが、光合成をしますので、動物から外します。また植物ともちがいます。「植動物」といいましょうか。時に植物のように生活し、時に動物のように生活するからです。
- d. 後ろべん毛虫は、からだの後端にべん毛があって、これで水中を泳ぎます。
- e. 繊毛虫は、からだの表面に短い毛がたくさんあって、それで泳ぎます。ゾウリムシは、繊毛が3500本あるそうです。
- f. アメーバは、からだを変形させて移動します。アメーバ運動といわれています。
- g. 最初の動物は、それぞれ祖先となる生物がちがいますが、どれも単細胞生物で、からだは微小です*。

* 主なものの体長はつぎのようです。ゾウリムシ(せん毛虫) : 0.09mm~0.15mm、アメーバ(アメーバ) : 0.001~0.1mm、トリパノゾーマ(前べん毛虫) : 0.01~0.07mm、えりべん毛虫(後ろべん毛虫) : 0.01mm、

2. 多細胞動物の祖先

- a. これらの動物のほとんどは、大きく変化することなく小さな変化をくり返しなが、現在

まで生き続けているものがあります。

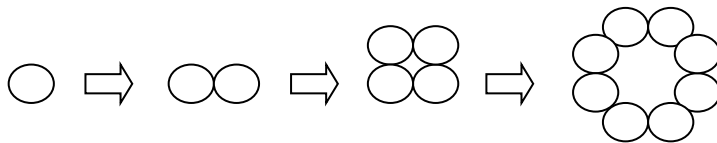
b. その中の「後ろべん毛虫」のあるものが祖先になって多細胞動物が出現し、大きな変化をくりかえし今日まで生存しているものに、ヒト、トンボなどがいます。

その根拠の1つは、動物の精子が後ろべん毛虫と同じように、からだの後端にべん毛があって、それで泳ぐことです。もう1つの根拠は、後ろべん毛虫の中のえりべん毛虫が、多細胞動物の海面のえり細胞によく似ていることです。

c. 多細胞動物は大型化して単細胞動物に対して食う側に位置しましたが、それによって単細胞動物が減びることはありませんでした。なかには多細胞動物の体内に寄生して独自の生活をするようになったものが多くいます。

3. 多細胞動物の出現のしかた

a. 多細胞動物の出現は、多細胞植物の出現と同じように、分裂によって生まれた単細胞動物のからだに離れず、接着したままつぎの分裂をくりかえし、たくさんの個体の接着集団(「群体」といっています)ができたことがきっかけとなりました。



b. 多細胞動物が受精卵から成体になるまでの発育過程を根拠にしてこう考えられています。多細胞動物の新しい動物が出現するのは、受精卵から成体になるまでの途中で、発育過程が変更してからだが変化することがもたになっているからです。動物の発生過程がどのように進んでいくか調べてみよう。

c. 群体になった動物は、接着するからだの数が多くなるにつれて、群体全体は大きいのに、運動のしかたは各個体のべん毛で行なっていましたから、泳ぐことが難しくなって海の底に沈んで岩に固着する生活(固着生活動物)をするようになったと思われます。自分のからだを動かさず、べん毛で水を動かし、その水の流れとともに近付いてきた微小生物やその死がい捕食して栄養物質にしていたようです。

4. 最初に出現した多細胞動物

a. その後、えさを捕える個体と生殖を行なう個体という専門化がおこりました。これが、多細胞動物への変化の最初です。群体全体が1つの個体となり、それまで個体であったものはその部分となりました。動物の場合もこれを「細胞」と呼んでいます。べん毛を残したえり細胞が捕食の専門の細胞となりました。

b. その後も動物としてののはたらきをさらに専門化した動物がつぎつぎに現われました。それは2つの異なる方向への専門化でした。

c. 1つは、岩に接着するのに専門化したものが現われ、それらの細胞は、べん毛がなくなりました。固着動物として生活していく上で欠かせないのはたらきを専門化し、他の細胞が専門

的に行なうはたらくは退化しました。現在のカイメンは、その頃の動物と大きく変わることなく、変化を小さいままにして今日まで生きのびてきた動物です。

d. もう 1 つは、細胞全体が筋肉のように柔軟性がある丈夫な細胞が生まれました。それによって近付いてきた生物やその死がいさえものとしてからだ全体で捕え、からだ全体で消化する動物が現われました。大きな生物も食物して捕えることができるようになりました。現在のクラゲの仲間は、このころに出現した動物から大きく変わることなく、今日まで生きのびたものです。

e. はじめはまだ固着したままでしたが、そのなかで筋肉質の細胞が共同してはたらく、からだを移動するものが現われました。これがクラゲの祖先です。

f. カイメンは、1 つひとつの細胞が別々にえものを捕食していますから、小さいものしか捕えられません。また神経系がありません。クラゲには神経系がありますが、脳はありません。また、肛門がないので、消化できなかったものは口からはき出します。

5. 頭がある動物の出現

a. その後、クラゲの仲間の中のあるもののからだに奇妙な変化が現われました。からだの中に、生活に役立たないが、害にもならない細胞集団ができる動物が出現したことです。しかも、そうした奇妙な動物が別の動物を祖先にして 2 種類現われたのです。

b. 一方は、発生の途中でできたからだの外側の細胞群と内側の細胞群の境にある細胞が独自に分裂して新たな細胞群をつくったものです。もう 1 つの方では、内側の細胞群の途中がふくらんで独立してあらたな細胞群ができました。

c. この 2 とおりのできかたで生まれた細胞群は、その後変化によってさまざまな器官をつくることになり、新しい動物が生まれました。

d. このように発生の途中で 3 つの細胞群をもつことになった動物の中に、からだの一端の目など外の様子を感じとる感覚器官の近くで、多くの神経細胞が集中し、行動を統一的に調整するようになりました。脳の出現です。そして、目など感覚器官が集中し、脳のあるほうを先頭にして行動する動物が出現しました。頭とは、感覚が集中し脳のあるからだの先頭です。頭の反対側は尾です。頭と尾の区別がある動物の出現です。からだが細長くなりました。

e. 頭と尾の区別のある動物の中でもっとも単純なからだをしているのは、山間の泉のある水たまりなどにみられるプラナリアや海に生活しているヒラムシです。まだ肛門がありません。食物のうち消化できなかったものは、口から排出します。口は、からだのどこにあると思いますか。前ですか、尾のほうですか。図鑑などの本の写真や図、動画で、プラナリアやヒラムシがどのような動物か調べよう。

f. プラナリアやヒラムシのなかまからは、その後ミミズや、タコ・イカ、昆虫やエビ・カニ類、魚類などからだが大きく、すばやく行動する動物が出現してきますと、その体内に入っ
て寄生生活するものになるものが出てきました。現在でもヒトの腸に寄生することがあるサナダムシという動物がいます。図鑑などの本でどのような動物か調べよう。

6. 肛門ができた動物

1. センチュウという動物がいます。肛門ができた最初のほうの動物の子孫です。

2. 肛門ができて、口の位置が変わりました。脳・感覚器官がある前のほうに移動しました。口が脳・感覚器官の近くに移動したことは、動物が生きていく上で何か適したことがあるのでしょうか。

3. センチュウには、移動・捕食生活するもののほかに、寄生生活するものもあります。図鑑その他本で、センチュウという動物がどのような動物か、からだ、生活のしかた、生活場所などについて調べよう。

7. 体節構造をした動物—ミミズの仲間

a. ミミズ、ゴカイ、ヒルの仲間^{かんけい}を環形動物^{かんせつ}とっています。からだ^{からだ}が環節に分かれた構造をしている動物です。環節を伸ばしたり縮めたり、固くしたりやわらかくしたりして、からだ全体を伸び縮みさせて行動をします。

b. ミミズがどのような動物か、図鑑などの本、写真、動画などで調べよう。移動のしかた、からだの内部も節に分かれています。

c. 海に生活しているゴカイの仲間には、固着生活をしているものがあります。ヒルの仲間は吸血するものもあります。ゴカイの仲間、ヒルの仲間についても図鑑などで調べよう。

8. アサリ、イカの仲間—環節構造を退化させた動物

a. アサリやイカの仲間^{なんたい}を軟体動物^{なんたい}とっています。ミミズなどと祖先を同じにした動物と言われているが、からだ・生活のしかたは大きくちがいます。

b. 環節のある動物を祖先にして出現したようですが、途中で環節構造を退化させ、筋肉だけで独自の行動のしかたと殻でからだを保護するという生活のしかたを身につけました。

c. そのため、活発に行動をするものが少なく、多くは沿岸をはって行動するようになりました。アサリ、ハマグリなどの二枚貝は砂中に身をかくしています。サザエなどの巻貝も動きが鈍く、ヒザラガイのなかまは移動しないわけではないのですが、固着に近い生活をしています。これらは、ほぼ同じ時代に出現したほかの動物との関係の中で身につけたからだであり、生活のしかただと考えられます。その中で、タコ・イカのなかまは殻が退化し、からだが大形化して筋肉が発達して活発に行動するという生活のしかたを身につけた動物です。

d. 陸上生活している軟体動物もいます。ナメクジ、カタツムリがそうです。

e. 軟体動物とはどのような動物か。図鑑その他の本、動画などによって調べよう。

9. 外骨格をもった動物—節足動物^{せつそく}

a. ムカデ、クモ、ゲジ、ミジンコ・エビ・カニ、コンチュウは、ミミズのなかま(環形動物)と似た体節構造がみられます。しかし、動物の生活のしかたからみて、からだに大きなちがいが 있습니다。それはからだ(胴体も肢も)に外骨格があることです。外側に骨があつて、内部に筋肉があり、骨格と筋肉の共同により関節運動という運動のしかたを身につけたことです。

b. これらはまとめて節足動物と呼んでいます。

c. ミミズのなかま(環形動物)とコンチュウのなかま(節足動物)は、外形が似たところがありますが、両方は早い時代に別々の方向に変化し、節足動物は、環形動物を祖先にして現われたのではないといわれています。しかし、くわしいことはまだわかっていません。

10. 原中層細胞起原動物群と内胚葉起原動物群

a. これまで調べてきました動物は、すべて発育の途中で第3の細胞群が内外の細胞層の間にある細胞の増殖によってできる動物です。これらの動物は、これまで調べてきましたようにたがいに大きなちがひがありますが、もとは同じ動物を祖先にして出現したものです。動物

学的には、「げんちゅうそうさいぼうきげんどうぶつぐん原中層細胞起原動物群」というようによばれています。

b. これから調べます動物は、これとはちがって、第3の細胞群が、からだの内側の細胞層の途中でできたふくらみからできる動物です。動物学的には、内側の細胞層を「ないはいよう内胚葉」とい

われていますので、「きげんどうぶつぐん内胚葉起原動物群」とよばれています。ヒトやトリ、トカゲ、カエル、サカナなど背骨(脊椎骨)をもった脊椎動物は、こちらの動物群です。

c. こちらの動物群にも、センチュウやミミズのように、からだの大きな変化が途中でとまり、それ以後は、小さな変化をくりかえしながら現在まで生きのびているものがあります。

d. ナマコ、ウニ、ヒトデ、クモヒトデ。これらはたがいにからだが大きくちがいますが、共通して運動のしかたが奇妙で、活発ではありません。なかには固着生活しているものもいます。きよくひ棘皮動物と呼ばれています。棘はとげです。とげがある皮に被われた動物という意味です。

e. 棘皮動物のからだ、生活のしかたがどのようなものか調べよう。

11. せきつい脊椎動物の祖先

a. ナメクジウオという名の動物がいます。ナメクジとはちがいます。またサカナでもありません。からだのなかにせきさく脊索という細長い棒状の細胞群がある動物です。ヒトやサカナなど脊椎動物の脊椎骨は、この脊索をもとにしてできたといわれています。ですから、ナメクジウオは現在生きている動物ですから、脊椎動物の直接の祖先ではありませんが、大昔いたナメクジウオに似た動物が脊椎動物の祖先として考えられています。

b. ナメクジウオと同じように脊索をもった動物がほかにもいます。ただし、固着生活をしているホヤという動物は、脊索が幼生時代にはありますが、成体になると退化します。浮遊生活しているウミダルという動物も幼生時代にはありますが、成体になると退化します。オタマボヤという動物は成体になっても残っていますが、動物生活にとって重要なはたらきはしていないようです。

c. 脊索という細胞群は、出現してから長い年月、特別のはたらきに役立つことはなく、役に

立たない動物では成体になって退化したと考えられますが、正確なことはわかっていません。
d. 脊索をもった動物、脊索動物とはどのようなからだで、どのような生活をしているか、調べよう。

12. 動物世界系統図を描く

a. つぎのことに注意して、これまで調べてきた動物を中心に、動物世界が進化してきたあとを、系統図を描いて表わしてみよう。

- ①最初に出現した動物は4種以上
- ②その中で、後ろべん毛虫から多細胞動物が出現した
- ③最初に出現した多細胞動物は、途中で固着生活のまま筋肉がある運動生活にもどった動物の2つに分かれた
- ④その後筋肉細胞ができ運動生活をするようになった動物が祖先になって、大きくからだを変え、生活のしかたを大きく変えた動物が出現した
- ⑤運動生活を取り戻した動物は、2つに分かれた。片方の中でからだのつくりが大きく変化した動物がコンチュウなどの節足動物であり、その途中の段階で大きな変化をとめた動物もある。
- ⑥もう片方の動物群の中で、からだをもっとも大きく変化した動物は、ヒトやトリなどの脊椎動物で、大きな変化を途中でとめた動物がある。

8bh. 生物世界とその形成過程

*** この学習指導単位での学習指導は、これまで中学校第2学年の前半で行なわれたという例はないと思います。また高等学校でもされた例はないと思っておます。ですから具体的にどのように指導するかということについて、まったく提案することができません。学習指導内容を示すことに留まっています。**

はじめに

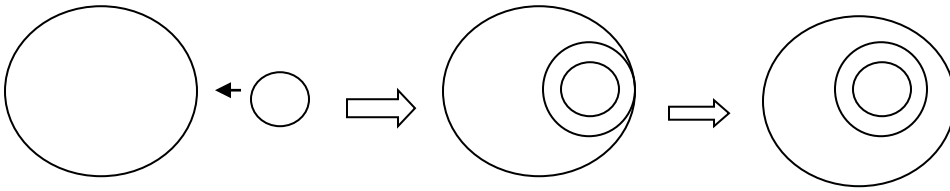
現在の生物世界は、細菌、真菌、植物、動物の4つの群が、互いに関係しながら成り立っています。それらの1つひとつの生物群が、どのようなものであるか、それがどのように形成されてきたかということは、これまで調べてきました。

生物世界についての最後の学習は、4つの生物群がどのようにできたかということを調べることです。それが実現できれば、これまで学んだ細菌、真菌、植物、動物の進化のあととつながります。その基礎づくりは、これら4つの群の生物の祖先がどのように出現したかということです。生物がこの地球に出現して、‘その最初の生物がどのような変化をとげて4つの生物群に分かれたか’ということをみなさんとともに考えていきたいと思います。

のみ込みと生物進化

生物世界は、大昔「のみ込み」という生物と生物の関係がきっかけとなって大きく発展しました。生活のしかたが大きくちがういろいろな生物が出現し、それらの生物は、安定した生活を活発におくることができるようになりました。生物進化の上で、「のみ込み→新たな生

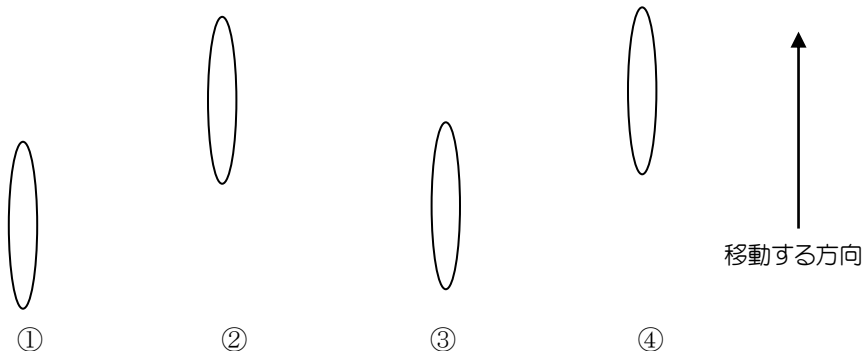
物の出現」は、重要な意味をもっています。「のみ込み」というのは、ある生物がほかの生物を自分の体内にとり入れるはたらきです。



1. ミドリムシ

a. ミドリムシという生物がいます。葉緑体があり、からだが緑色をしています。からだの一端に短い毛と長い毛(「べん毛」という)があります。また光を感じる光感受器があります。光感受器で明るいほうを感じ、感じたことをべん毛の根元に伝えます。べん毛は大きく動き、それでミドリムシは明るいほうへ泳いで行きます。そして葉緑体で光合成をして栄養物質を獲得します。

b. ミドリムシの「べん毛と光感受器は、からだの一端にある」といいましたが、からだ全体から見て、どの位置にあると思いますか。



c. ミドリムシは、暗くところでは光合成ができず、まわりの環境の中に栄養物質の多くあるとのみ込んで獲得します。ミドリムシは、動物でしょうか、それとも植物でしょうか、どちらでしょう。

d. ミドリムシは、水田や水たまりなどで生活しています。運がよければ、採集して顕微鏡で観察することができます。見つからなければ、動画でどのような生物か調べてみよう。

e. どのようにして、このような生物が生まれてきたらうか、考えてみよう。

* ミドリムシは、前べん毛虫類という微小動物が、微小な植物をのみ込み、それから変化して出現しました。

2. トリパノゾーマ

a. トリパノゾーマという微小な動物がいます。ミドリムシが生まれるきっかけになった、微小な植物をのみ込んだべん毛虫と同じなまです。現在は、大型の動物の体内に寄生して泳ぎ、栄養物質をのみ込んで得て生活しています。

b. そのトリパノゾーマも「のみ込み」がきっかけになって出現した動物です。べん毛で泳ぐ

微小な生物が、エネルギーを大量に発生できるもっと微小な生物をのみ込んでその祖先が生まれました。のみ込まれた微小生物は、トリパノゾーマのべん毛の近くに寄ってゆき、エネルギーを活発に供給し、そのことによって活発な行動ができるようになりました。これが、トリパノゾーマの祖先になったべん毛虫です。そして、これが最初のころの動物です。

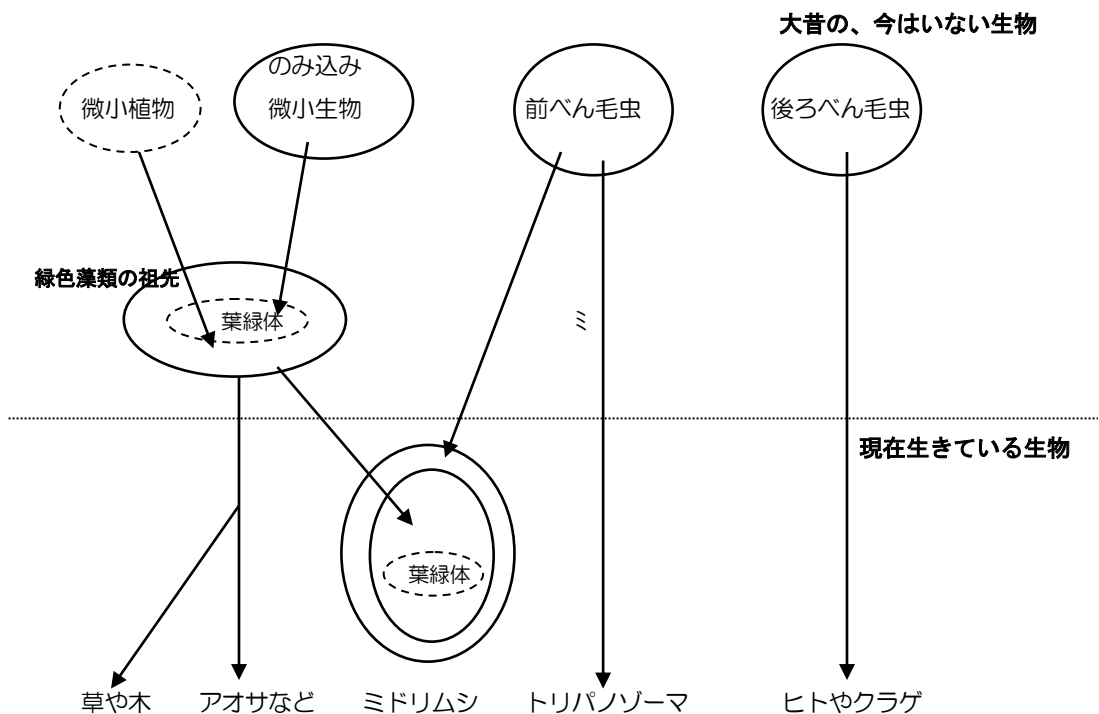
のみ込まれた微小植物

a. ミドリムシが出現する時、べん毛虫にのみ込まれた微小植物のみ込みによって出現した植物で、現在の草や木、コケ植物の祖先です。

b. ところが、こうした微小な生物だけでなく、現在生きている生物の多くは「のみ込み」で生まれた生物を祖先にして生まれました。ヒトもアフリカゾウも、クラゲもミミズも、草も木も、コケ植物も「のみ込み」で出現した微小生物を祖先にして出現しました。

生物世界の発展のあと

a. これまで見てきた微小生物の出現とのみ込みについて図に表わして整理しますと、つぎのようになります。



「のみ込み」は、初期の生物世界の大きな発展のきっかけになりました。しかし、「のみ込み」だけでは発展は生まれませんでした。「のみ込み」の後、生物たちの変化にも重要なきっかけがありました。

c. 「のみ込み」は、現在でもある生物群ではあたりまえのこととしておこっています。むしろ「のみ込み」をしないと、それらの生物は生きていけません。

現在の生物は、まとめると細菌、真菌、植物、動物の4群になりますが、細菌の一部、真

菌、植物、動物は「のみ込み」によって出現した生物を祖先にした生物です。

のみ込みなしで出現した生物	のみ込みによって出現した生物
細菌類の大部分	細菌類の一部 真菌類、植物、動物

d. これら 4 群の生物のうち、現在でも「のみ込み」ができる生物はどれでしょう。

e. 「のみ込み」だけでは発展はなかったということは、「のみ込み」の後でいろいろな変化があったということです。そのいろいろな変化の中のどれかが発展の重要なきっかけとなったということです。

例えば、本を読むということは、知識をふやす重要なきっかけです。しかし、本を読んだだけでは、知識はふえません。読んだことをよく理解し、それを記憶し、その後で必要な時に思い出されるというのが「知識を身につけた」ということです。

f. 自分のからだの中にほかの生物が入ったということは、その生物にとっては重大なことです。変化せざるをえません。ほかの生物の体内に入ったということも、その生物にとっては重大なことです。変化しなければどうということになるか、たいへん危険な状態です。

「のみ込み」の後、いろいろな変化がありました。どのような変化があったと思いますか。

g. その中で、どのような変化が、新しい生物の出現に結びついたのでしょうか。

*** 細菌類は、からだのまわりを強固な壁が包んでいて、のみ込みができません。植物もからだのまわりを強固な壁が包んでいて、のみ込みができません。現在の生物の中では、のみ込んでほかの生物を体内に入れられるのは、動物だけです。**

h. のみ込みによって生まれた生物は、その後からだの内部が、はたらきごとに専門化が生まれ、はたらきが能率的に進められるようになりました。のみ込まれた生物が生物として生きていく上で欠かせない特定のはたらきを専門的に行なうようになりました。たとえば、のみ込まれた微小植物は、葉緑体になり、光合成とアミノ酸合成を専門的に行なうようになりました。のみ込まれたエネルギーとり出しが活発にできる微小生物は、ミトコンドリアというエネルギーとり出しに専門化したものになりました。

これら専門化にあたって重要な役割を果たしたのが、のみ込まれた生物のからだを包んでいる膜(「生体膜」といっています)です。葉緑体は、光合成とアミノ酸をつくるはたらきを進める物質を生体膜が包み、このはたらきに関係がある物質だけ外からとり入れるようになりました。この 2 つのはたらきに関係ない物質が入ってくると、このはたらきを妨害する場合がありますからです。ミトコンドリアも、エネルギーとり出しに関係する物質しかとり入れません。

最初にできた生物世界

1. 他給栄養生物時代—生きることが危機を招く

a. この地球上に最初に生物が現われたのは、今から 40 億年くらい前のことといわれています。

38 億年前と細かく言う研究者もいますが、それはまだはっきりとつきとめられていないからです。

b. その最初の生物は、現われた途端に危機に向かって生きることになりました。その原因は、その最初の生物が自分で栄養物質を合成することができなかったからです(他給栄養生物といいます)。自給栄養生物ではなかったからです。それどころか、自分たちの生まれるもとになった物質を栄養物質としてとり入れ、それを酸化してエネルギーを発生して生きるという生き方を身につけたからです。生き続けると、環境の中に栄養物質が減少していったのです。生き続ければ生き続けるほど、栄養物質はどんどん少なくなっていくという状態の中で、最初の生物は生きていました。この生物の時代を「他給栄養生物時代」とよぶことにします。

しかし、すぐには絶滅するというわけではありませんでした。他給栄養生物が生活している環境である当時の海の中には、栄養物質が豊富にあったことと、現在の生物世界のように、栄養物質の消費が激しくおこるような活発な活動をしていなかったからです。

c. 生物がその危機から脱出できたのは、自分で栄養物質を合成する生物(自給栄養生物)が、他給栄養生物の中のあるものが変化して生まれたことです。それは危機になってからではなく、その前のことだったと思われます。

自給栄養生物の出現だけでは危機から脱出できなかったはず

d. しかし、自給栄養生物が出現したからといって、それを栄養物質源として利用することはできなかったと思います。その理由は、まわりの環境の海に溶けていた栄養物質は、アミノ酸などの小分子栄養物質であったことです。最初他給栄養生物は、それをそのまま体表から吸収してとり入れていたとみることができます。現在の動物でいいますと、ライオンがシマウマの肉をくいちぎってのみ込んでも、そのままでは栄養物質にはなりません。消化してアミノ酸やブドウ糖にして、はじめて吸収でき、栄養物質として利用しています。

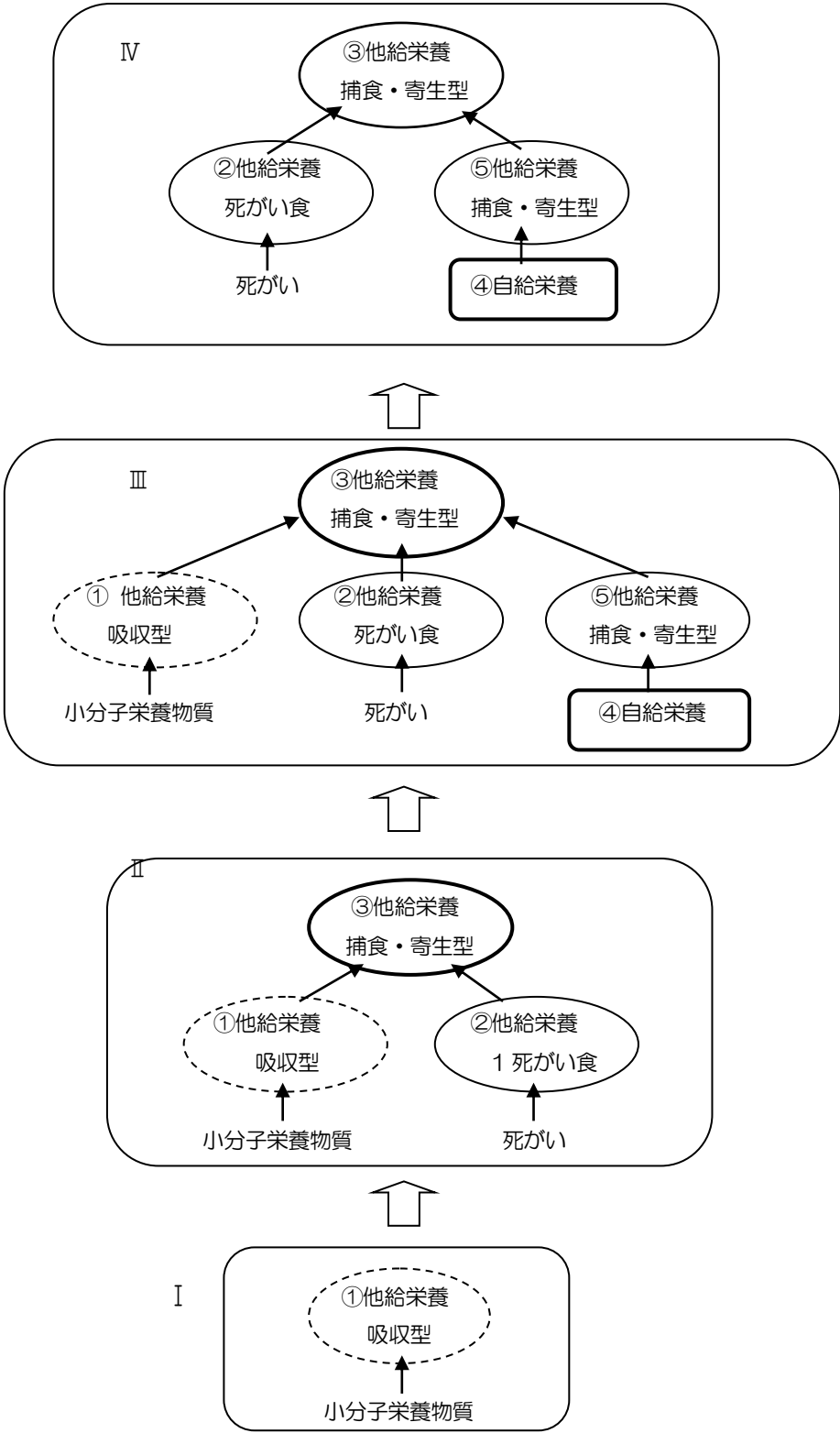
最初の生物世界—生態系の出現

e. 最初他給栄養生物は、自給栄養生物が出現しても、体内にとり入れることができなかったと思います。自給栄養生物が出現する前に、最初の生物の中のいくつかのものに変化がおこったと考えられます。1 つは、他の生物あるいはその死がい「のみ込み」によって体内にとり入れ、体内で消化して、アミノ酸などの栄養物質に変えるはたらきをもった生物が出現したことです。これは、動物ではありませんが、動物の栄養物質のとり入れ方と同じです。第 2 に考えられることは、ほかの生物またはその死がいに近付いて、そこへ消化酵素をふりかけて消化し、アミノ酸などの小分子栄養物質にしてからとり入れるという生物が出現したことです。これは、細菌、真菌が行なっている栄養物質摂取方法です。

f. これは、最初の「食物連鎖」という生物と生物の関係が生まれたということです。

下の図でいいますと、Ⅰが最初の「他給栄養生物時代」、そのつぎのⅡがこの時代、「他給栄養生物時代」の中の「最初の食物連鎖の時代」と呼べると思います。

g. この後で、自給栄養生物が出現しました。図のⅢの時代です。「自給栄養生物出現の時代」



とよぶことにしましょう。そして、それまで海の中にあったアミノ酸などの小分子栄養物質がなくなり、それを吸収して生きていた最初の生物が絶滅しました。この時代になって最初の生態系が生まれました。図のIVです。

植物の誕生と生物世界の分化

a. こののち、自給栄養生物の栄養物質の合成のしかたがさらに複雑になって、光のエネルギーをつかって合成する生物が出現しました。光合成生物の誕生です。それまでは物質を酸化して、その時発生したエネルギーをつかって栄養物質を合成していました(化学合成生物といいます)。このことによって、自給栄養生物は、明るいところに住む光合成生物と、暗いところに住む化学合成生物に分かれました。それにとまって、自給栄養生物から栄養物質を得ていた他給栄養生物も、住み場所を2つに分けました。こうして生物世界は2つの世界に分かれました。

b. さらに光合成生物は、栄養物質合成に利用していた材料物質を、硫化水素ではなく酸化水素(水)を利用するものが出現しました。植物(藻類)の誕生です。これによって、光合成生物も生活場所を別にする2つのものに分かれました。1つは、これまでの硫化水素が得られる海底火山の周辺に生活するものと、海底火山のないところに住む植物との分化です。硫化水素は、海の普通のところには存在しません。海底火山の噴出物の中に混じっている物質です。ですから、海底火山があるところから離れられませんが、植物は、海の明るいところならば、ほとんどどこでも生活できるという生物です。

c. これにとまって、他給栄養生物も海底火山のない明るい海へ移住するものが現われました。これによって、生物世界は、海底火山周辺の暗いところ、海底火山周辺の明るいところ、海底火山のない明るいところという、存在する環境が異なる3つに分化しました。

酸素分子の発生と生物世界の変化

a. 水を光合成の材料物質にする植物は、必要なのは水の水素です。水素と結合している酸素は必要ありません。ですから、光のエネルギーを受けとって水を分解し、水素を栄養物質合成に使い、酸素は体外に排出します。

b. しかし、このことは生物にとってはたいへん危険なことでした。酸素は、ほかの物質と反応しやすく、その物質と結合したり、その物質を変化させたりします。当然のことながら、生物体を形成している物質とも反応しますから、その時には生物は死んでしまいます。光合成する植物自体にとっても重大なことです。ですから、植物の誕生というのは、単に水利用の光合成ができるようになったというだけでなく、酸素の害を受けない性質を身につけることも欠かせないことでした。そうしたことが実現できたものだけが、植物として誕生できたこととなります。

b. 最初の植物が出現すると、発生した酸素はすぐにほかの物質とはげしく反応するようになりました。まず海にふくまれた鉄とはげしく反応して酸化鉄ができました。海の底には赤茶けた地層が厚く堆積しました。そうした地層は今でもみられるところがあります。

c. しかし、海水の中にふくまれている鉄の量には限界がありますから、酸素は反応する相手がなくなり、海水中の濃度が高くなり、それが大気中に発散しました。空気の成分として酸素

分子がふくまれるようになりました。そして上空まで達して、そこで太陽からの強い紫外線を受けて、オゾンに変化し、上空にオゾンの層をつくりました。

d. このことは生物にとっては重要なことでした。オゾン層は、紫外線をさえぎり、地表や海面表層に達する紫外線が弱くなりました。植物や他の生物は、今まで生活していたところよりももっと光が強い海の表層近くまで生活範囲を広げることになりました。また強い光を受けて光合成を活発に進められるようになり、栄養物質の合成量が大幅に増加しました。そのことによって生存する生物全体の量がふえました。

e. さらに、生物の中に酸素を利用して栄養物質を酸化して、完全に二酸化炭素と水にもどせる酸素呼吸生物が出現しました。同じ栄養物質であってもはるかに多量のエネルギーが発生できるようになったのです。これは、運動に大量のエネルギーをつかう動物の出現の 1 つの基盤となりました。

真核生物の出現

a. ここまでは、細菌は出現しておりません。細菌とは‘独特の細胞壁をもった原核生物’であるとみるならば、厚い細胞壁をもった生物はいなかったとみております。細菌よりももっと生物の原形に近い生物の時代です。

b. 現在の生物世界は、からだのつくりからみますと、細菌類とその他の生物から成り立っているとみることができます。この 2 つの生物群のちがいは、からだの内部に膜に包まれた胞状の専門器官があるかないかのちがいです。体内のこの内部が膜に包まれた胞状の専門器官を「小胞」と呼ぶことにしまして、この小胞の特徴は、専門的なはたらきを進める物質反応に関係しない物質が、外から入れないようになっていることです。しかも、ほかの小胞やその他の部分との、生物体の生存に関して相互に連繋があるということです。外から関係ない物質が入ってきますと、小胞内の物質反応の妨げになります。物質と物質との反応は、たがいに接触してはじめて成り立つものです。そこへ別の物質が入り込んで接触すれば、別の反応がおこる可能性がありますし、本来進められなければ成らない物質反応ができなくなるという点に大きな意味があります。

c. その小胞の膜がどのように生まれてきたか、もともなったものは 2 つあります。1 つは、その生物体のまわりの膜が内側にしわになり、ある特定の反応にかかわる物質がそのしわによって包まれれば、専門器官としての小胞ができます。核の核膜はそうのようにできました。

d. 2 つ目は、生物体内に別の生物体が入った「のみ込み」による場合です。中のみ込まれた生物体の膜が小胞の膜になった場合です。この場合重要なのは、中に入ったものは膜だけでなく、その生物体の内容物まで入ります。ですから、「のみ込み」をきっかけによって生まれた小胞は、それまで自分の体内になかったものが入ってきて、それが自分のからだに大きな変化をもたらすことになります。核膜のように自分の膜が特定の物質郡を包んだという場合は、単なる専門化されたことにすぎません。

e. こののみ込まれたものから小胞への転換のもっとも重要な条件は、のみ込まれて膜が消えなかったことです。動物の中には細胞内で消化するものがありますが、そうした動物の細胞が食物をのみ込んだ場合には、それを消化して栄養物質に転換します。もし消化されずにその

まま残ったら、それは細胞内寄生か、逆に細胞を食べつくすということが起きます。

f. 多分、最初の原始的な生物が出現した時もそれ以前も、出現してからも「のみ込み」は頻繁にあったはずで。生物体が自分を自分のままに維持していく自己保存性がつよければ、「のみ込み」は簡単にはおこりません。逆に自己保存性が弱いものほど「のみ込み」は起こりやすいはずで。その自己保存性、あるいは自己同一性ともいえる性質は、生物の歴史を過去に向けてさかのぼるほど低いものだったとすれば、真核生物出現以前も、激しいといってもよいほど「のみ込み」はあったはずで。事実「のみ込み」は、自給栄養生物を食物としてとり入れる方法の1つとして重要なものです。

それにもかかわらず、「のみ込み」の痕跡がみられないのは、「のみ込み」がなかったのではなく、のみ込まれた生物体の膜が消失したからで。この場合は、自己更新による変化と「のみ込み」による変化を、後から区別することは不可能に近いことです。

a. 細菌の起原

細菌には3種類のものがあります。そのうち、古細菌と真正細菌のグラム陽性細菌は、「のみ込み」を経ずに、そのまま独特の壁が膜のまわりにできて生まれました。藍藻類をふくむグラム陰性の細菌は、「のみ込み」を経ながら、のみ込んだほうの生物体の内容物と、のみ込まれたほうを直接小胞として取り巻いた膜が消失した結果生まれたものと考えられます。藍藻の場合は、藍藻以前の原始的な植物が「のみ込み」を受けたもので、真核植物になりそこねた原核植物と解釈できます。

b. 動物と真菌類(両方とも真核生物)の起原

真核生物は、動物、真菌類は、「のみ込み」を1回受けたもの、植物は2回受けたものであり、すでに学習によって明らかにしたミドリムシの誕生は、3回「のみ込み」がみられたとみることができます。動物、真菌類は、のみ込まれた酸素呼吸の原核生物がミトコンドリアになったものです。

c. 真核植物の起原

真核植物は、動物か真菌類にのみ込まれた原核植物が、葉緑体に変ったことによって生まれました。最初は、原始紅藻類と原子緑藻類が生まれましたが、これは、のみ込まれた原核植物が2種類いたからです。その2種の原核植物は最初の原核植物が分化して生まれたものです。もっている葉緑素などにちがいが生まれたものです。

