CBS 研究速報 no.2

CBS とは A COURSE OF BIO-STUDY の略
小学校第１学年から高校第３学年までの 12 年間の「生物学習の道すじ」を意味する

2012年3月4日

特集　学習指導計画
単元「5abs.大きな動物と小さな動物」
基礎資料

動物の多様性を支えるもっとも基本となるものは、からだの大きさである。からだの大きな動物と小さな動物では、動物世界の中での位置（生態的地位）が大きくちがうし、種の持続の基礎となっている。個体の繁殖と死亡も大きくことなる。

この単元は、つぎの第６学年で指導することになる「6a.動物世界とその進化」が、動物学習の指導のまとめの段階であるのに対して、その基本段階にあたる。動物の生きる、動物らしく生き続けることの中にある、もっとも基本となる、「生まれ、生き、殖やし、そして死ぬが、種族は持続する」ということを主題とする。

＊「5abs」とは‘、第５学年における動物のからだの大きさについての学習指導’という意味で、abs は animal body size を略したものである。

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　hyoshi141@hb.tp1.jp）

Ver.1.11

単元「5abs.大きな動物と小さな動物」指導計画案*

＊「5abs」とは、‘第５学年で動物のからだについての学習指導をする’を意味し、abs は animal body sizeを略したものである。種族維持と個体の生きる、繁殖・死亡との関係から、動物のからだの大きさのもつ意味をとらえさせることを目的にした指導計画案である。

目次

１．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導目的・・・・・p.2
２．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導内容の構成・・・・・p.2
３．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導方法の基本・・・・・p.3
４．「5abs.大きな動物と小さな動物」授業テキスト案・・・・・p.8
1.モンシロチョウ・・・・・p.8
2.シジュウカラとアメリカシロヒトリ・・・・・p.12
3.海の動物・・・・・p.15
4.アブラムシとメクラチビゴミムシ・・・・・p.23
5.大きな動物と小さな動物・・・・・p.24
５．「5abs.大きな動物と小さな動物」の基礎資料・・・・・p.25

１．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導目的

この単元は、つぎの第６学年で指導することになる「6a.動物世界とその進化」が、動物学習の指導のまとめの段階であるのに対して、その基本段階にあたる。動物の生きる、動物らしく生き続けることの中にある、もっとも基本となる、「生まれ、生き、死ぬが、殖やし、種族は持続する」ということを主題とする。生活の中のもっとも核心となる、種族維持を、個体の繁殖と死亡の関係から考えることと、それをからだの大きさに焦点をあててみていく授業の実現をめざした指導計画案である。

子どもたちは、ここではじめて生物の個体と種の関係に目を向けることになる。動物の生き続けるとは、動物集団のことであり、その集団の単位が種である。通常種族ともいう。その要素である個体は、いつまでも生き続けることはできず、必ず死ぬ。一つひとつの個体が、動物集団の一員であることによって、「生き続ける」ことにつながる。それは、個体が生きている間に、殖えるからである。生物は、ほとんどのものが、殖えることができなくなると死ぬ。これは、全生物に貫かれた基本的な法則性であり、その生き続け方も殖え方も、それぞれの生物によって異なり、全体として多様であるが、そこに法則性がみられる。こうしたことを学ぶように指導することが、この単元の基本目的である。

もう一つ重要なこととして、生物の多様性の基本となるからだの大きさに焦点をあてて、この種族維持をみる。動物の進化的歴史に着目すると、基本としてはからだの小さいものから大きいものへと進み、また状況によって小さい方向に進化したものもあり、しかも小さな生物も大きな生物も、ともに異なる生活を展開し、別の世界をつくりながら共存している。そうしたからだのちがいによる生活のしかたのちがいのうち、種族維持、個体の繁殖と死亡に焦点をあて、大きい動物と小さい動物ではどこに共通点があり、どこにちがいがあるかということを学ぶことができるように指導することを目的としている。このことと関係して、この単元は、昆虫の学習から哺乳動物、動物世界の全体に、視野を広げていく転換の位置にもある。

２．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導内容の構成

1.モンシロチョウ
2.シジュウカラとアメリカシロヒトリ
3.海の動物
4.アブラムシとメクラチビゴミムシ
5.大きな動物と小さな動物

３．「5abs.大きな動物と小さな動物」の指導方法の基本

１．モンシロチョウ

1-1.　「1.モンシロチョウ」の指導の焦点

この「1.モンシロチョウ」の指導内容の大部分は「a.モンシロチョウ」で、これに「b.モンシロチョウのなかま―シロチョウ属」と「c.シロチョウ属の歴史」が加わっている。「a.モンシロチョウ」では、モンシロチョウの具体的な生活と、繁殖・死亡と種族維持との関係に焦点をあてる。「b.モンシロチョウのなかま」では、モンシロチョウ属の３種のすみわけ（生活環境、食物を別にすることによって、たがいに競争することなく共存する）を、「c.シロチョウ属の歴史」では、原産地における、３種のシロチョウがすみわけしながらどのように生まれたかということと、どのようにして日本列島に住むようになったかを指導することにする。

1)生物世界の基本的法則性―繁殖数と死亡数が同じならば種族は維持できる

生物世界のもっとも基本となる法則性は、モンシロチョウに限らず、「繁殖数と死亡数が同じならば種族は維持できる」ということである。生物世界が、その40億年近く前に生まれてから今日まで、進化によって変転してきているが、それが維持存続しているのは、歴史を形成してきた1コマ１コマの場面で、このことが成り立っていたからである。これがきちんと学びとられなければ、生物学習はもっとも基本となることを学んでいないといっても過言ではない。繁殖数が死亡数より少なければ絶滅するし、多ければ間もなく殖えすぎて食糧不足などによって激減し、場合によっては滅亡につながる。おす・めす1組から、どれくらいの数の卵・子を産もうと、その一生のうちに、つぎの繁殖可能なおす・めす1組が生き残れば、種族は維持できる。だから、この学習指導は、12年間の生物学習指導の中で一つの重要な節目にあたる。

2)モンシロチョウは、人間に比べて多く産み、多く死ぬ

第２の指導の焦点は、モンシロチョウは人間と比べて、からだがはるかに小さいのに多くの卵を産みながら、多くが死亡することである。しかも、死亡の主な原因が、事故とほかの動物に食べられるという、人間の死因とはちがうことである。それゆえ、個体の繁殖・死亡とモンシロチョウが食物連鎖の中での位置との関係が主題となる。

1-2.モンシロチョウの教育的意味

この「モンシロチョウ」という授業を、「5abs.大きな動物と小さな動物」という単元の最初に位置づけた理由は二つある。その一つは、モンシロチョウという昆虫の生活がよく調べられていることである。その生活のさまざまな点に目を向けながら、モンシロチョウという種族の維持、個体の誕生と死亡という、動物の生活のもっとも基本となることを、無理なく具体的に学ぶことのできる指導の条件が整っている。第２の理由は、モンシロチョウは、飼育する方法が確立していることである。古くから小学校低学年で、その飼育、観察が授業として組まれていて、全国の学校の先生や研究者の努力によって、その飼育方法が確立していることがあげられる。そのことによって、野外でのモンシロチョウの観察を通じての学習、飼育箱の中での飼育と細かな観察を通じての学習と、生物学の成果として明らかにされた生活の基本を学ぶこととを結びける指導が可能になる。

また、この学習指導に先立つ、第４学年での「4i.昆虫の世界とその進化」で、昆虫の世界全体に目を向けた学習の成果が、種族の維持、誕生と死亡という、動物としてのもっとも基本となるところに収斂する意味をももっている。

2.シジュウカラとアメリカシロヒトリ

「2.シジュウカラとアメリカシロヒトリ」の指導の焦点と教育上の意味

シジュウカラは、主に林の中で生活していて、ガの幼虫（昆虫）を食べる鳥類である。モンシロチョウと出会って、えさとして食べることはあまりないが、モンシロチョウが食べられるがわの動物であるのに対して、シジュウカラは食べるがわの動物である。からだはモンシロチョウやガの幼虫よりはるかに大きく、そのするどいくちばしですばやく幼虫をとらえて食べる。モンシロチョウと同じように、繁殖する数と死亡する数が同じことによって、種族維持ができる。しかし、一度に産む卵の数はずっと少ない。そして死亡数も少ない。その理由はいろいろ考えられるが、一つは、食べるがわの動物であること、二つ目は産む卵の大きさがずっと大きいこと、親鳥が生まれた卵を暖めること、それが孵化して生まれ出たヒナを若鳥になるまで養育することにある。大きな卵を産み養育することによって死亡しにくく、産む数が少ないということになる。またモンシロチョウの場合には、おすもめすも卵を産んだ後死んで、一生で産卵する機会が1回しかないが、シジュウカラは数年生きつづけ、毎年卵を産み、ところによっては1年に2回産むものもいる。だから、1度の産卵では、おす・めす1組から生き残るは１羽以下であるが、種族の維持は実現できる。そうしたシジュウカラ

の生活と種族維持との関係を学ぶことができるよう指導するために、シジュウカラを選んだ。またシジュウカラは、鳥類の中でも、また家畜を除く動物の中ではもっともよく調べられている動物である。

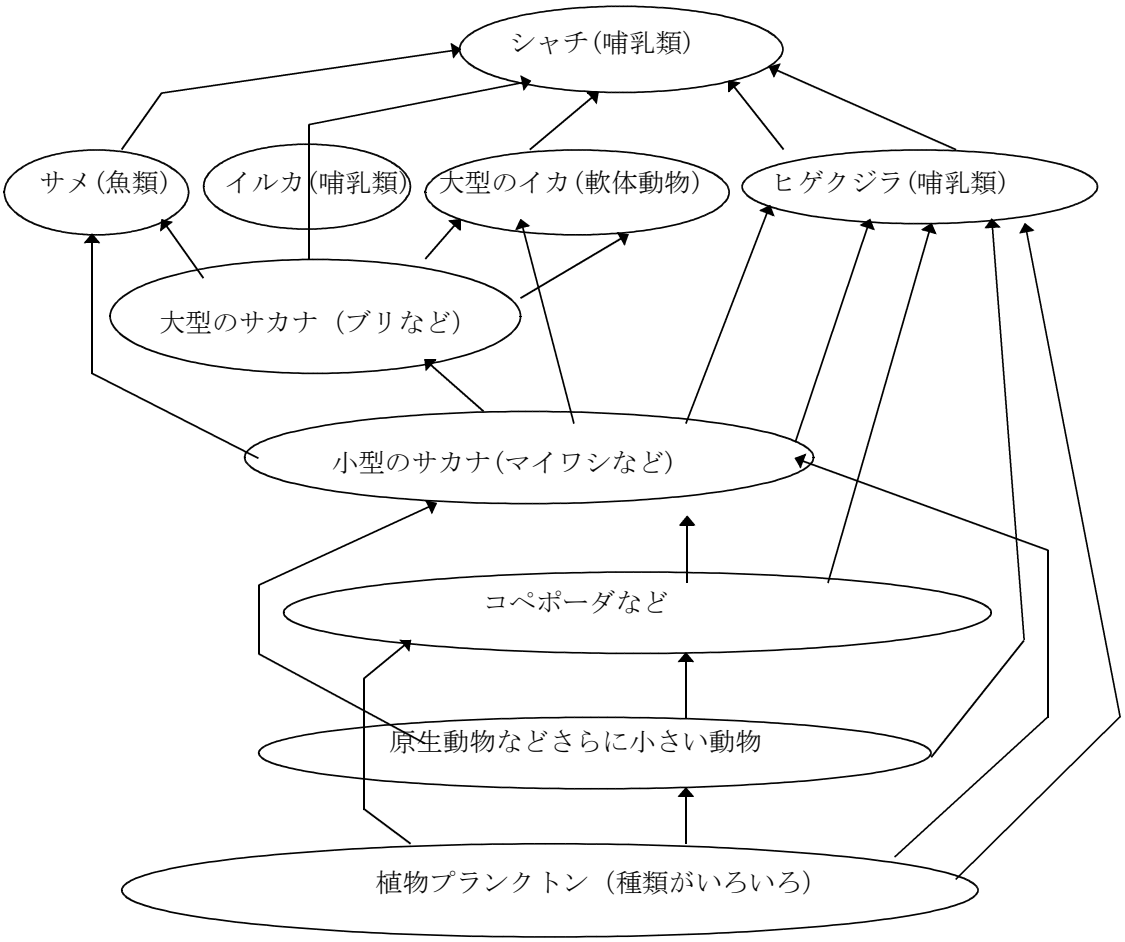
このシジュウカラの学習指導には、アメリカシロヒトリという外来のガが指導内容として付け加わっている。それは、林に隣接した公園の、サクラなどの落葉樹の葉にたくさん幼虫が生活していて、シジュウカラのえさになっていることに理由がある。これも害虫であることからくわしく調べられており、シジュウカラとは、直接「食う一食われる」の食物連鎖の中で結びついている。

3.海の動物

3-1.「3.海の動物」の指導の焦点

この「海の動物」の学習指導によって、子どもたちの、種族維持と繁殖・死亡についての考え方を大きく転換させて、もっとも重要な学習が実現できる機会にしたいと考えている。子どもにとっては、もっとも難しいところでもある。この重要な学習は、第7学年～第10学年（中学生や高校1年生）では、成功している例が多いが、第５学年ではたしてそのとおりになるか、不安な面もあるが、この時期は、生物世界への関心が高く、しかも生物世界の重要なところに興味をもつので、大事な学習になると考えられる。十分その知的好奇心を満足させられるように指導できるよう考えた。考え方を大きく転換させることになるとは、具体的にはつぎのようなことである。

からだの小さな動物は、産卵数が少ないが繁殖は大きい。からだの大きな動物は、産卵数が多いが繁殖は小さい。　海の主な魚類の食物連鎖の図を描くとつぎのようになる。この中で、大型のサカナになるブリは、体長が100cmぐらいで、一度の産卵数が平均すると180万粒である。そうだとすると、そのブリに食べられるがわの小型のサカナになるマイワシは一度にどれくらいの数の卵を産むかと問うと、ほとんどの生徒が1000万粒とか、２億粒、あるいは中には1兆粒をこすと答える。しかし、実際のマイワシの一度の産卵数は、5万粒～8万粒である。そのことを知ると、子どもたちは驚く。マイワシの産卵数が180万粒よりはるかに多いという考え方は、シジュウカラとアメリカシロヒトリ、モンシロチョウとの関係から判断したものであり、それには、考え方としては整合性がみられる。しかし、実際はそうではない。これは、からだの大きさから考えれば、おかしなことに気づく。マイワシの卵の直径が約１mmで、それが1000粒集まると直径が１cmの球になる。10億粒集まると直径10cmの球になる。体長約20cmの細長いからだで10cmの卵巣ができることはない。一度の産卵数が少ないのに、なぜはげ



しい死亡に見合うだけでの繁殖が可能なのか。それは、からだの小さいものは、卵から短期間で成体になり、またすぐ産卵するからである。

これは、すぐには本当に「わかった」と思う子どもは少ないだろう。成体のからだの大きさに対する卵の大きさと数の関係を計算で出してみても、納得できないだろう。そこで、つぎにマイワシが主なえさとしているコペポーダの産卵数を考える。体長は約１㎜、産卵数は10～20粒。やはり少ない。さらにコペポーダが食糧としている原生動物や植物プランクトンは、細胞分裂によって殖える。一度に１個体しか増えない。コペポーダよりからだの大きさはさらに小さい。コペポーダよりさらに死亡ははげしいはずである。それでも滅びることはない。ここでもう一度計算をする。1日に一度分裂して２倍になるとすると、1ヶ月で2^{30}になる。これは約10億である。

3-2.卵の保護、胎生、子の養育の意味

からだの小さな動物は死亡がはげしくて、一度の産卵数は少ないが繁殖ははげしい。ぎゃくにからだの大きな動物は産卵数が多いが、繁殖力は弱い。しかも、死亡ははげしくない。

ところが、海の動物の中には、ブリよりもからだが大きく、ブリを食べる側の動物もいる。それらの動物の一度に産む数はいずれも少ない。シャチ、イルカ、ヒゲクジラは哺乳動物で、一度には１頭しか産まない。いずれも胎生だからである。サメは魚類であるが、ホシザメは胎生で10匹である。大型のイカは卵生であるが、大きな卵を産むのでブリよりははるかに少ない。からだの大きな動物で、卵が小さくたくさん産むものとして知られているマンボウは、一度に平均２億粒産むといわれている。からだが大きければ、小さな卵ならばたくさん産む。しかし、卵から成体になるまでに長い年月がかかり、その間にどんどん死亡する。生まれたばかりのものほど小さく、死亡がはげしいから、個体数はたちまちのうちに減少していく。胎生その他の、卵、子の保護は、その死亡のはげしい時期のものを守り、養育することによって死亡数を少なくしている。しかし、大きな卵、大きな子で産むには親の負担が重く、多く産むことはできない。

卵や子の保護・養育がすぐれているということは、死亡がはげしい、そうしたからだが小さく未熟段階の死亡率を低めるものである。したがって、保護・養育する側の親のほうのからだが小さかったり、単純だったりするものでは、親子もろとも食べられ、死亡ははげしい。昆虫を例にすると、農林業の害虫として知られているアブラムシは胎生であるが、親のからだも小さいので、テントウムシなど昆虫にさかんに食べられ、親もその体内にいる胎児も死亡がはげしい。

シジュウカラの産卵数が、モンシロチョウやアメリカシロヒトリよりもはるかに少ないのは、卵が大きく、産んだ卵を親鳥が守り、孵化して生まれてきたヒナを巣の中で守り、えさを与えるからである。それだからこそ死亡は、アメリカシロヒトリより死亡率は低く、それだからこそ産む卵の数は多くない。シジュウカラとアメリカシロヒトリの繁殖と死亡のちがいは、食う―食われる関係だけでなく、こうした親による卵・ヒナの保護が加わって、原因が複雑になっている。

そうした複雑な問題の場合は、どうしても自分のものの見方にたより、客観的に見ることは難しくなる。誤りであるからといって、子どもの考え方を否定するわけにはいかない。むしろ間違いを乗り越えることによって、理解をさらに高いところに引き上げるというように、重要で大きな課題は、そうした積み重ねの中で解決していくと

いうことが必要である。第５学年という知的に大きな発展が期待できる年齢の子どもたちには、そうした場を設定して、指導することが望まれる。この単元はそうした意味もある。

「3.海の動物」では、昆虫以外のさまざまな動物に目を向けることになる。とりわけ海の動物をまとまって学べる指導内容がほかにはない。そうしたことから、ここでは、海の動物と水産業、海洋生物の研究機関も指導内容に加えた。

4.アブラムシとメクラチビゴミムシ

4-1.メクラチビゴミムシ

メクラチビゴミムシというのは洞穴の中に生活している小さな昆虫で、そのため目が退化しているので、かつてこの名がつけられた。しかし、今は、その名を変更しようという考えとそのままにするという二つの考え方が、学界の中で対立している。メクラもチビも差別用語だから、別の名にしようというのと、すでに学界に流布されて改名すると混乱を招くなどの賛否両論が出ている。

この昆虫は、からだが小さいから産卵数が少ない。しかしすぐに成体にならないので、繁殖力は小さい。それでも種族が滅びることはない。その理由は、洞穴内では、この昆虫をとらえて食べる動物がほとんどいないことと、環境がはげしく、また大きく変動することはないことにある。また食べ物が極度に少ないから、繁殖のための栄養物質を確保することが難しい。

4-2.食べる側の動物は栄養物質が乏しい

生活環境がきびしい場所では、そこに住む生物の種類も数も少ないから、動物の立場から考えると、敵となる動物の種類も数も少ないが、また食糧となる生物の種類も数も少ない。伊藤嘉昭さんは、その著書『比較生態学第２版』（岩波書店、1978年）で、魚類を、卵を保護するもの・胎生のものとそうでないものに分け、それぞれの産卵数とすみ場所（産卵場所と成熟する場所）との関係を、たくさんの研究成果を拠りどころにしてとらえ、海より淡水、同じ淡水でも川の上流のほうが産卵数が少ないことを明らかにしている。

生活場所のきびしさだけでなく、生活のきびしさ（環境変動がはげしいところの生活、食糧が乏しい、えものをとらえるのが難しいなど）も強く関係している。とくに、動物の「食う―食われる」の食物連鎖の上位のものほど食糧が少なくなるという傾向がみられ、その結果として、からだの大きさが同じくらいで、卵・子の養育のしかた

が同じ程度と思われるものでも、食物連鎖の上のものほど産む数は少ない。それは、食物連鎖の上のものほど食われて死亡することが少ないことと対応していることになる。

４．「5abs.大きな動物と小さな動物」授業テキスト案

1.モンシロチョウ

1-1.モンシロチョウを飼育する

教室で、モンシロチョウを飼育して、その成長の様子、生活している様子を観察しよう。一つひとつ克明に記録する必要はありません。見ていて、これは大事なことと思ったら、それを文で、あるいは絵に描いて記録すればよいです。飼育するのに、どういうことに注意したらよいかということも、また幼虫が死んだら、そのことを記録するとよいうでしょう。また、これからの学習の中でわかったことを、実際にたしかめるということもしたらどうでしょうか。

1-2.モンシロチョウの生活をみる

モンシロチョウは、春になると、キャベツの葉のうらで休眠（きゅうみん）していたさなぎが孵化（ふか）して成虫（せいちゅう）になります。さなぎの背の皮が割れて、からだが出てきます。はじめは羽が閉じていますが、さなぎのぬけがらにぶらさがっていると羽が少しずつ広がっていきます。そして、羽ができあがると、おすは、めすを探しに飛び立ちます。

めすは、キャベツの葉のうらにとまっています。おすは、めすの近くに来ると、モンシロチョウのめす独特の羽の色を感じとり、近寄って交尾（こうび）します。精子（せいし）をめすのからだの中に注入し、めすのからだの中では、卵（らん）と精子が受精（じゅせい）して受精卵ができます。

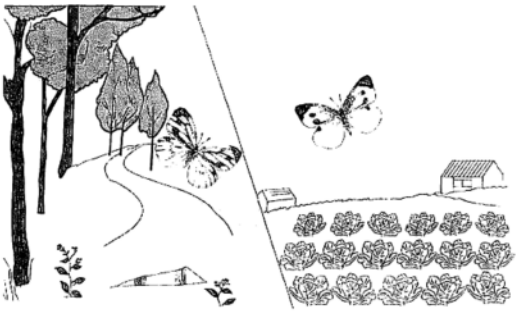


図1-1　モンシロチョウ（右）とスジグロシロチョウ（左）

（日本生態学会編『生態学入門』東京化学同人、2004年より）

おすは、交尾が終わると、方々(ほうぼう)に飛びまわり、花にとまると蜜を吸いますが、やがて死んでいきます。めすのほうは、交尾が終わるとキャベツを探して飛び立ちます。めすは、キャベツの葉を見つけて、そこにとまって卵を産みます。１株のキャベツの葉に尾の先端を葉にぎゅっと押し付けて、卵を一つ産みつけます。それから、別のキャベツの株に行き、同じように卵を産みます。それは、横が0.4mm、縦が0.8mmの細長い小さな卵で、その数は300粒から400粒で、平均(へいきん)して１匹あたり386粒(つぶ)産むということが明らかにされています。

産みつけられた卵は、暖かい地域の場合、３日くらい経つと孵化して幼虫になります。幼虫は緑色をしていて、「アオムシ」と呼ばれています。これから、「アオムシ」といった場合には、モンシロチョウの幼虫を指していると思ってください。それは、キャベツの葉をどんどん食べて、からだが成長していきます。その途中で４回、まわりのから（外骨格(がいこっかく)）を脱(ぬ)ぎます。脱皮(だっぴ)といっています。昆虫の研究者は、こうした脱皮ごとに齢(れい)を数えています。このように「からだが大きく育つと脱皮する」ということをくり返して、幼虫は５齢まで育ちます。体重の変化は、卵は0.09mgで、えさを食べることなく、体内の栄養物質を使って、エネルギー取り出しとからだづくりに使います。だから体重は減っていきます。幼虫になると自分でえさを食べて利用するようになりますから、体重は増えます。１齢幼虫がキャベツの葉を食べ、脱皮する前の体重は0.17mgになります。５齢幼虫では86mgとなり、さなぎ直前では306mgとなります。

５齢幼虫は、キャベツの葉の裏側に移動していって、そこに糸をかけてからだを支え、休眠します。さなぎは、移動することもキャベツの葉を食べることもやめます。栄養物質は、体内に蓄えていたものを使うだけですから、体重は減少して227mgとなり、さなぎからかえった成虫の体重は134mgになります。さなぎの休眠は、キャベツ畑のものでは６日間かかり、成虫になって、ふたたびおすは、めすを探しに飛び立ちます。

学習課題a. モンシロチョウの生活について、初めて聞いたり見たりしたことばがたくさん出てきました。意味のわからないことばや読み方がわからないことばは、先生に聞いてください。

学習課題b. モンシロチョウの生活について、自分の生活と比べて、似ていること、ちがうことについて気付いたら書いてください。

学習課題c. モンシロチョウの生活について、大事だと思ったことを、書いてください。

平均386粒の卵は、全部が成虫になるわけではありません。四国の香川県高松市で、

蓮井英昭（はすいひであき）さんという人が1977年に調べた例ですと、あるキャベツ畑で794の卵を見つけて、１齢幼虫になるまでに214死亡して、生き残ったのは580でした。その580の１齢幼虫のうち、280が死亡して、生き残って２齢幼虫になったのは300でした。こうして死亡してどんどん数が減っていく中で、さなぎになったのが87、成虫になったのは67でした。

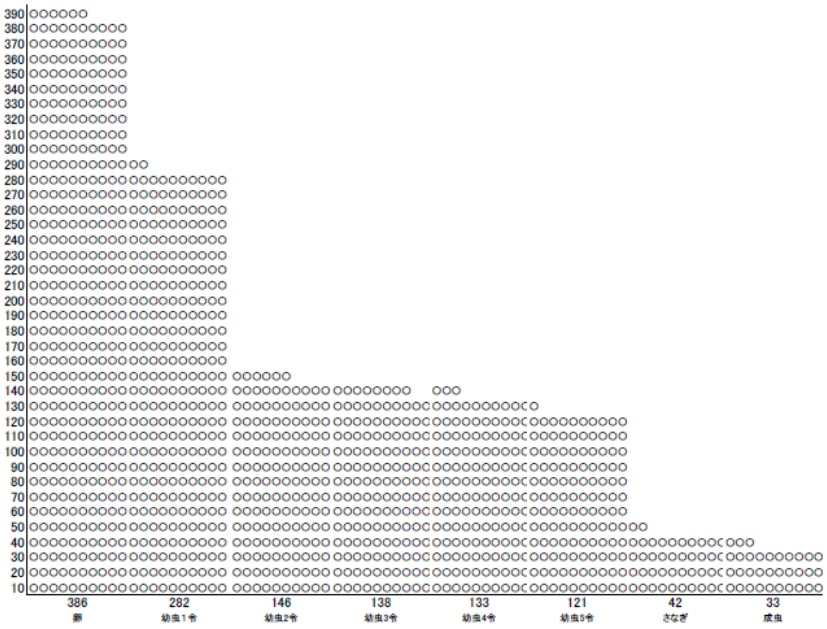


図1-2　モンシロチョウが死亡し、生き残る様子

人間におきかえて計算の上で予想しますと、子どもが10人生まれて、おとなになるまでに育つのは１人もいません。子どもが12人生まれると、おとなまでに1人生き残ることになります。ほかの11人は、それまでに死んでしまうことになります。

学習課題d. 794粒の卵が67生き残って、成虫となって卵を産むとすると、卵の数は、どれくらいになるのだろうか。計算してみよう。初めの794粒より多いだろうか。少ないだろうか。

しかし、いつもそのように多く生き残るわけではありません。時には全滅することがあります。蓮井さんの高松市での調査では、６月に生まれた686粒の卵の場合、さなぎになって生き残ったものはありませんでした。７月に生まれた288粒の卵も、さなぎになる前に全滅しました。10月には、また卵が見つかり、それらは、さなぎになって冬を越す数が114匹になりました。モンシロチョウのさなぎは、寒さのきびしい冬をむかえることになり、多くのものが死亡するでしょう。しかし、少なくてもおす・めす２匹ずつが生き残って、つぎの年の春に成虫になって産卵すれば、種族を維持することができます。

学習課題e. 6月に全滅したのに、7月に現われて、卵を288粒産んだというのはどうしてで

しょうか。ほかの場所で生き残った成虫が飛んできて、卵を産んだと考えてよいでしょうか。

おすめす1組の産卵数は平均386粒ですから、それが、おすめす1組残れば、そのおす・めすから、また386粒産んで２匹の成虫が残ることになります。こうしてモンシロチョウという種族は残るのです。

学習課題f. もし群馬県の嬬恋村のような広いキャベツ畑に、おすめす1万組が386万粒の卵が産んだとすれば、それが成虫になって産卵可能になるまでに生き残り、つぎも同じ386万粒産むには、何匹生き残ればよいのでしょうか。その間に何匹が死ぬのでしょうか。

1-3. モンシロチョウの死亡原因を調べる

モンシロチョウの成虫が産んだ卵、それからかえった幼虫（アオムシ)、さなぎはすごい勢いで死亡していくことがわかりました。

学習課題a. その死亡の原因は何だろうか。人間ならば、病気、事故などによるが、原因として上げられますが、モンシロチョウの死亡原因は何だと思いますか。人間と同じく、病気や事故が原因なのだろうか。

モンシロチョウの死亡原因　　4月世代

	卵	1齢	2齢	3齢	4齢	5齢	さなぎ		計		
乾燥	33							乾燥	33	33	不明
転落	170							転落	170	301	事故
おぼれ		130	1					おぼれ	131		
黒変	11							黒変	11	24	病気
病気		5	2	3		1	2	病気	13		
昆虫など		4.5	3.2	0.4	7.9			昆虫な	16		
アオムシコマユバチ						30	13	アオムシコマユバチ	43	369	食べられて
クモ類		80	10.8					クモ類	90.8		
アシナガバチ・アマガエル		60.5		5.6	13.4	130	5	アシナガバチ・アマガエル	214.5		
鳥・トカゲ					4.7			鳥・トカゲ	4.7		
合計	214	280	17	9	26	161	20	合計	727		

図1-3　モンシロチョウの主な死亡原因

学習課題b. アオムシを多く食べるアシナガバチやアマガエルとはどのような動物だろうか。図鑑や本でしらべてみよう。

学習課題c. アオムシコマユバチ・マガタマハイバエは、どのようにしてアオムシをえさにするのだろうか。

学習課題d.アオムシコマユバチの卵とマガタマハイバエの卵が、同じアオムシの体内に産み付けられた場合にどうなるだろうか。

学習課題e.モンシロチョウには、もっとこわい敵がいます。それは私たち人間です。なぜモンシロチョウにとって、私たちは危険動物なのでしょうか。

1-4.モンシロチョウのなかま—シロチョウ属

日本にいるモンシロチョウのなかまには、ほかに２種類います。一つはスジグロシロチョウ、もう一つはエゾスジグロシロチョウ*です。この３種は、生活している環境も、食べる植物も微妙にちがいます。それで、たがいに住み場所や食べ物を争わないで共存しています。「すみわけ」といっています。

３種のシロチョウは、どれもキャベツなどアブラナ科の草をえさとしています。アブラナ、ダイコン、ワサビといった作物だけでなく、イヌガラシ、タネツケバナ、ハタザオといった作物以外の植物も、これらのチョウのえさとなっています。しかし、この３種は、それぞれえさとして重点をおいている草の種類がちがいます。モンシロチョウは、キャベツ、ダイコンなどの作物（ワサビは食べない）と草のイヌガラシを主なえさとしています。スジグロシロチョウのえさはタネツケバナが中心です。またエゾスジグロシロチョウはハタザオという草を主なえさとしています。

*モンシロチョウという名は、漢字で書くと紋白蝶となる。羽に黒い●のような紋の模様のあるシロチョウという意味です。スジグロシロチョウは、羽に黒いすじの模様が入っています。またエゾスジグロシロチョウのエゾとは北海道の別の呼び名ですが、このチョウは、北海道だけでなく、九州まで広く日本列島の主なところにみられます。

すみわけは、チョウだけでなくすべての動物にみられます。たとえば、ライオンとトラは生息している地域がちがいますから、たがいに出会うことはなく、争うということはありません。アフリカゾウとインドゾウも、住んでいる地域がちがいますから、出会うことがなく共存しています。

学習課題a.テントウムシとテントウムシダマシはよく似た昆虫ですが、食べ物がちがいますから、争うことがありません。それぞれ何をえさにしているのか、図鑑や本で調べてみましょう。

1-5.モンシロシロチョウ属の歴史

モンシロチョウが食べるキャベツは、明治時代になって外国から移入（いにゅう）された作物で

す。江戸時代にはキャベツはつくられていませんでした。モンシロチョウは、江戸時代には何をえさにしていたのでしょうか。それはダイコンや菜（アブラナ、コマツナなど）でした。しかし、これらの作物も、人間によって外国から移入されたものです。ダイコンは弥生時代、カブは1250年前に栽培されるようになったとのことです。最初から日本で栽培が始められたアブラナ科の作物はワサビだけだそうです。しかし、モンシロチョウの幼虫はワサビの葉を食べることはありません。

学習課題a. モンシロチョウは、どのようにして日本に生活するようになったのでしょうか。いろいろ想像してみましょう。チョウの研究者もまだはっきりさせていません。

モンシロチョウ、スジグロシロチョウ、エゾスジグロシロチョウの故郷は、地中海からヒマラヤにかけての乾燥地帯だそうです。そこで三つの種族に分かれました。また、そこはアブラナ科の植物が分かれていろいろな種族が出現したところでもあります。そこで別の生活場所に移動し、別のアブラナ科の植物を食べ分けるようになり、別の種類のシロチョウになったと考えられています。

２．シジュウカラとアメリカシロヒトリ

2-1. シジュウカラという小鳥

林に住む小鳥の1種で、シジュウカラという動物がいます。チョウやガの幼虫（イモムシやケムシ）にとっては敵です。シジュウカラは、昆虫やその幼虫をえさとして食べて生活しています。動物たちを、「食う―食われる」という関係でみますと、シジュウカラは昆虫にとっては食う側の動物、昆虫はシジュウカラにとって食われる側の動物です。ガの幼虫は、シジュウカラに見つかれば、まちがいなく捕らえられ食べられてしまいます。モンシロチョウも、アマガエルや小鳥、他の昆虫にとっては食われる側の動物です。その食われる側の動物としてモンシロチョウの生活を、これまでみてきました。今度は、食う側の動物としてシジュウカラの生活を見てみたいと思います。

学習課題a. **シジュウカラという小鳥がどのような動物か、図鑑や本、インターネットなどで調べましょう。**

2-2. シジュウカラは、卵をどれくらいの数産むか

モンシロチョウの生活をくわしく見て、明らかになったことですが、人間の場合とはちがった原因で死亡し、ものすごい数の個体が死亡します。しかし、その一方でた

くさんの卵を産むので、種族が絶えることがありません。このことは、シジュウカラでも同じでしょうか。またシジュウカラは、モンシロチョウと同じように、たくさん産んでたくさん死んで、種族を維持しているのでしょうか。

シジュウカラは鳥類で、背骨をもっている動物です。ライオンなど哺乳動物とモンシロチョウなどの昆虫と比べて、シジュウカラはどちらに近い動物かといいますと、ライオンなど哺乳類に近い動物です。からだは、モンシロチョウなど昆虫にくらべるとずっと大きいです。ですから、動物の「食う―食われる」の関係でみますと、シジュウカラは「食う」側の動物なのです。

モンシロチョウは、平均して386粒の卵を産み、そのうちの384粒が成虫になるまでに死に、おすめす二つが残ることによって、種族維持ができています。では、シジュウカラは、どれだけの数の卵を産んで、どれだけ死んで、どれだけ残れば、種族維持が可能なのでしょうか。からだが大きいから、産む卵の数はもっと大きいのでしょうか。そうだとしますと、死亡する数ももっと多いはずです。それとも、食うほうの動物ですから、もっと少ないのでしょうか。

学習課題a.シジュウカラは一度にどれくらいの数の卵を産むのでしょうか。考えるための手がかりがわからない場合には、先生に聞きましょう。

2-3.シジュウカラの1年の生活

シジュウカラは、秋から冬にかけては群れで生活しています。冬になると、この群れはこわれて、おす・めす１羽ずつ１組のつがいになります。春になると、巣をつくって卵を産みます。受精卵はやがて孵化してヒナになります。ヒナは、夏の終わりごろには若鳥となって巣立ちます。親鳥のもとから離れ、独立した生活を営むようになるのです。そして、秋をむかえると、群れ生活に入り、冬になると群れはこわれます。

シジュウカラは、林の中の生活が中心です。群れは、エナガ、ヒガラなどほかの種類の小鳥と一緒になって行動します。その群れをつくっている数は、それぞれの土地によってちがいますが、多くて60羽くらいです。秋から冬にかけて、葉を落とした枝先にぶら下がったり、幹にとりついたり、地上におりて、音をカサカサいわせて虫を探しています。虫をみつけると食べ、ふたたび探して、ということをくり返しながら、少しずつ林の中を移動していきます。しばらくして、1羽が突然さえずると、それに合わせてほかの小鳥たちも一斉(いっせい)にさえずります。それから少しして、1羽が急に飛び立つと、ほかのものも、それにつれて飛び立って、新しい場所へと移動します。群れには、リーダーのようなものはいません。最初にさえずるものも、飛びたつものもきまっていません。その時々によってちがったものがさえずり、飛び立たつのです。

１月末から２月はじめ頃になると、群れには分解のきざしがあらわれます。群れから離れたおすとめすの２羽連れが目立ってきます。おすは、いくつかのさえずり場所とその周辺のせまい地域を守るようになります。ほかのおすがその場所に入ろうとすると追い払います。なわばりです。

４月になると、シジュウカラのつがいは、樹のうろなどを利用して、これにスギゴケなどを運び込みます。また、イヌやヤギ、モグラなどの毛、ゼンマイ（植物の1種）の新芽(しんめ)の綿毛(わたげ)を使って巣(す)作りをします。巣をつくり始めてから約1週間後卵を産みはじめます。光沢(こうたく)のない白地にやや淡(あわ)い赤褐(せきかっしょく) 色の小さな斑点(はんてん)が散在(さんざい)した模様の卵です。毎朝1個ずつ産みます。卵の大きさは、長径が17㎜、短径が13㎜、重さは平均1.7gです。ニワトリの卵より小さいが、モンシロチョウの卵よりはるかに大きいです。全体の数は平均して９個です。

このように卵を産み始めると、めすが巣の外に出て、えさをとりに飛び立つ時間が短くなり、やがて卵を抱いて暖めるようになります。卵を抱き始めてから11日ないし15日経ったころ、卵はかえってヒナになります。はじめは毛がうすく、目は大きいがあいていません。歩くこともできません。もちろん飛ぶこともできません。えさをとることもできません。おすがえさを捕らえて、運んできて与えます。やがてめすもえさ探しに出て、1日に平均160回運びます。

学習課題a.生まれたばかりのイヌの子を見たことがありますか。生まれたばかりのネコの子を見たことがありますか。目はあいていましたか。からだの毛は生えていましたか。食べ物を食べていましたか。シジュウカラのヒナは、自分で食べ物を探してとらえることができませんが、親鳥が捕らえてきた昆虫の幼虫などは食べます。

こうして孵化したばかりのヒナは、体重が1.1ｇであったのが、10倍以上の14ｇにまで成長します。そして19日くらいで若鳥になって巣から離れます。目は見え、毛も羽毛(うもう)も完全にそろい、足もしっかりして歩けるようになり、飛べるようになります。巣から飛び立てるようになって２～4週間たつと、親鳥のもとを離れて独立生活するようになります。完全に成長しきったシジュウカラは、翌年の春、相手をみつけてつがいをつくります。そして、親たちがしたと同じように、巣作りをし、卵を産み、育てます。

2-4.シジュウカラの繁殖と死亡とその理由

学習課題a.産み出された９個の卵は、成鳥になるまでにどれくらい死んで、いくつ残ると思いますか。

シジュウカラは、卵を9個しか産まないのだから、モンシロチョウにくらべると、産卵数が少なく死亡数も少ない動物です。モンシロチョウがたくさん産んで、たくさん死にながら種族を維持しているのとはちがいます。

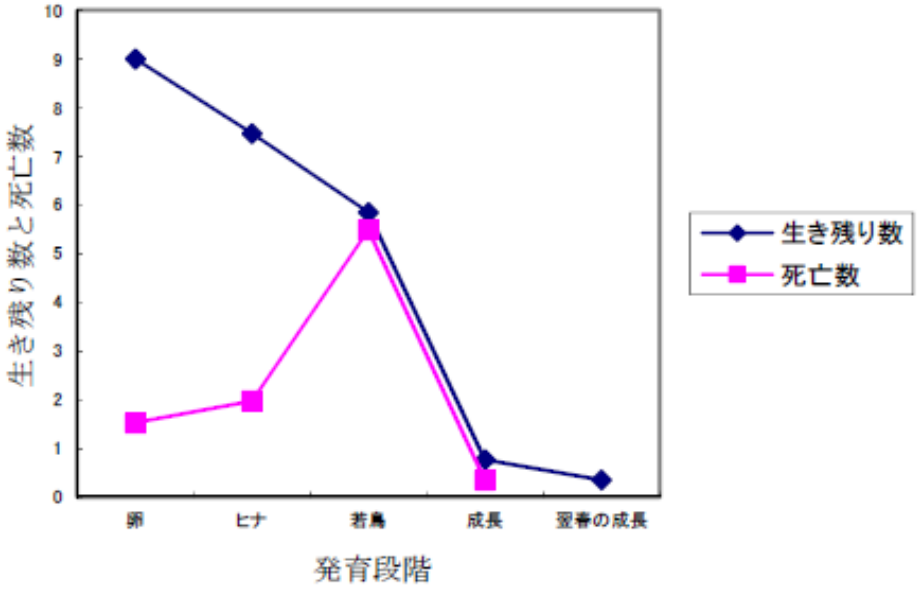


図2-1　シジュウカラの発育段階ごとの生き残り数と死亡数

シジュウカラの産卵数が少ないということから、二つのことがわかると思います。一つは多くは産めないということです。もう一つは、少なく産んでも種族は守られるということです。

学習課題a. 多く産めない理由は、何だと思いますか。

学習課題b. シジュウカラがあまり多くの卵が産めない理由は何だと思いますか。

2-5. アメリカシロヒトリの場合

シジュウカラは、地域によっては、都市の公園や個人の住宅の庭などに来ることがあります。伊藤嘉昭（よしあき）さんという研究者が、林に近い公園で調べたところ、シジュウカラにとって、公園のサクラの木に大繁殖するアメリカシロヒトリというガの幼虫が重要なえさであることがわかりました。このガは、モンシロチョウなどと近い昆虫で、鱗翅類（りんし）と呼ばれています。羽の表面にたくさんの粉のような物質がついています。名のとおり外来（がいらい）の昆虫です。シジュウカラは食べるほうの動物であり、アメリカシロヒ

トリは食べられるほうの動物です。

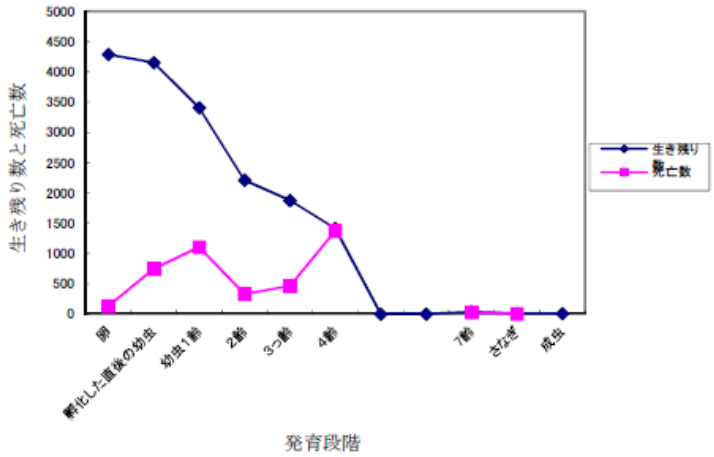


図2-2　アメリカシロヒトリの成長にともなう生き残り数と死亡数

学習課題a. そのアメリカシロヒトリも、モンシロチョウと同じように、たくさん卵を産んで、たくさん死ぬ動物ではないかと予想しましたが、正しいでしょうか。

中間まとめ　その１

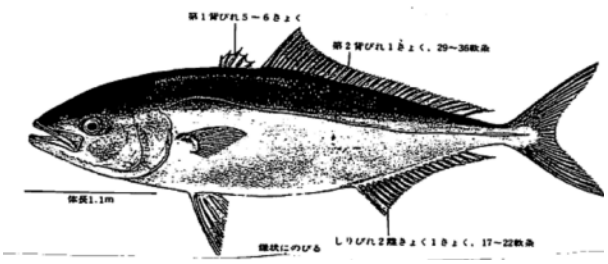
ここまでで、学んだことをまとめておきましょう。みなさんは、モンシロチョウ、シジュウカラ、アメリカシロヒトリの学習をして、何が重要なことだったと思いますか。

「私が、動物にとって大事なことと思ったことは、‥‥」という書き出しで、作文を書いてください。

３．海の動物

3-1. ブリ

海の動物に、ブリというさかながいます。



ブ　　リ
〔ブリ属〕あじ科
Seriola quinqueradiata
Temminck et Schlegel

（英）Japanese amberjack。日本各地。朝鮮半島に分布。体はやや延長した紡すい形でわずかに側扁。主上がく骨後端の上隅角部は鋭く角張る。胸びれと腹びれはほぼ同長。しりびれ前方に２遊離きょく条がある。尾柄（びへい）部上下に浅い欠刻。全身は小さな円りんでおおわれる。体色は背面が暗青色，腹面は銀白色。体側中央部にやや不明瞭な黄色縦帯が１条走る。体長1.1m。日本沿岸を回遊する。魚食性。産卵期は２～５月。沿岸定置網，釣り。美味。　◎イナダ　ツバス　ハマチ　フクラゲ　ノジロ　モジャコ　ヤズ　ワカナ　ワカナゴ　ワラサ

図3-1　ブリとその幼魚（阿部宗明監修『原色魚類大圖鑑』北隆館、1987年より）

ブリは、北西太平洋に生息していて、日本列島の沿岸近くを泳いで、春から夏に

かけては沿岸に沿って北に向かって進み、初冬から春にかけては沖合いに出て南に向かいます。このように海の広い範囲を泳ぎまわって生活している魚類を、回遊魚といいます。さかなとしてはからだが大きく、大きなものでは、口先から尾の先までの長さが120cm、体重が20kgもあります。そのブリが一度に平均180万粒の卵を産みます。

学習課題a.ブリというさかなについて、図鑑や本、インターネットを利用して調べてみましょう。

a-1.ブリは回遊魚といわれていますが、卵が産まれるのはどこで、そこからどのような順序で泳いでいき、いつごろから産卵場所にもどるのかしらべましょう。

三重県の水産研究所の報告によれば、中央水産研究所（神奈川県所在）などにより2006年11月2日に、0歳魚の10個体のからだに行動を記録する機器を取り付けて、岩手県の大船渡市の沖合いで放流して、その後どの海域を回遊するかを調べました。翌日の11月３日に、1匹が同じ大船渡市の別の場所の沿岸の網にかかりました。それから11月９日と10日には、少し南の宮城県女川町の海で２匹が網にかかって捕らえられました。放流後602日経った、2008年６月26日になって、千葉県南房総市千倉町というところの海に仕掛けてあった網に体重3.6kgになったものがかかりました。

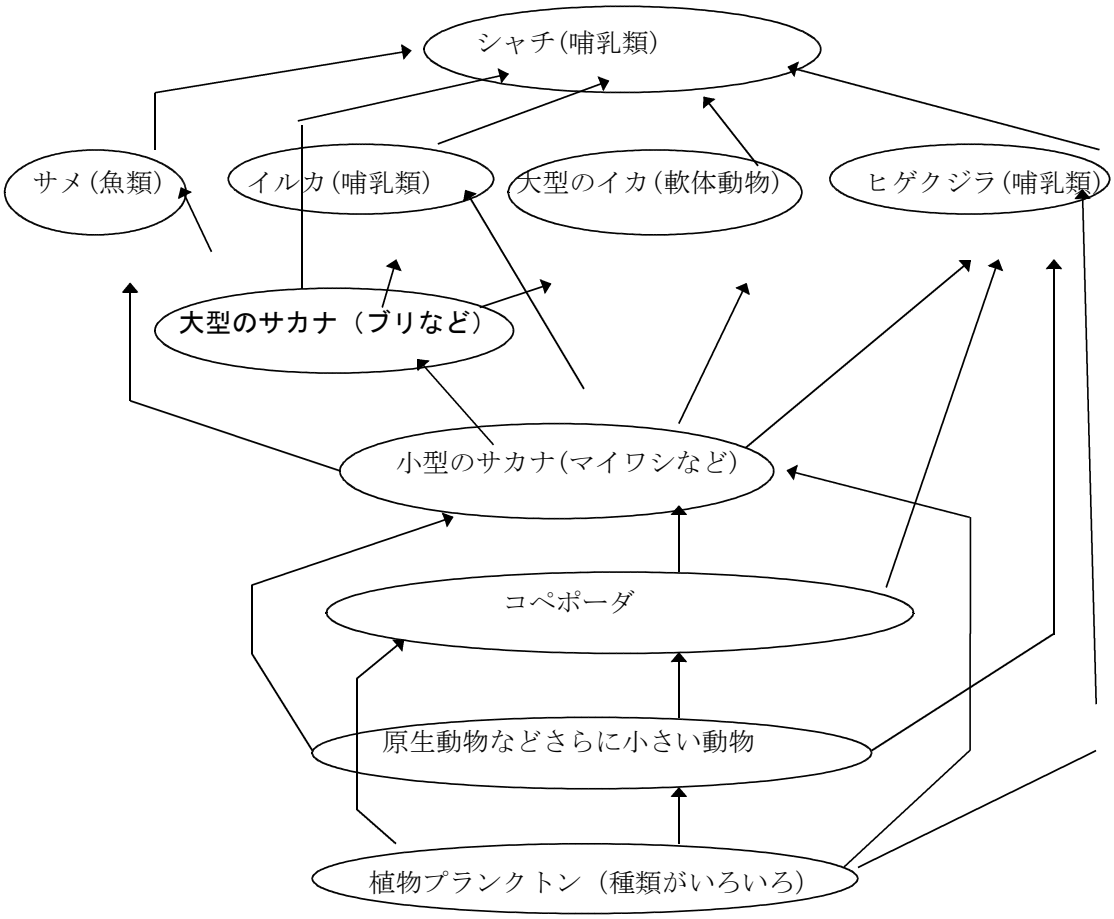
a-2.ブリは、一度に180万粒の卵を産むそうですが、卵の大きさはどれくらいで、何年で体長120cmの成魚に成長するのか、調べましょう。調べたら、卵から成魚まで、1年ごとの実物大の絵を描いてみましょう。

a-3.ブリは、どんな生物をえさとして食べ、どんな動物に食べられているか、調べましょう。

a-4.その他、調べたことがあったら、まとめておきましょう。

学習課題b.つぎの食物連鎖の図を参考にして、ブリの180万粒の卵は、成魚になるまでにどれくらいの数が死亡し、生き残るのはどれくらいだろうか。考えてみよう。

学習課題c.三重県水産研究所のほかに、全国の都道府県ごとに海洋生物や水生生物についての研究所や試験場があります。大学などにも魚類、漁業について研究している人がいます。漁業など産業や生活に役立てられています。どんな大学や研究所があって、どのような研究に取り組んでいるのか、本やインターネットで調べてみましょう。くわしく知りたいことばあれば、その大学や研究所に直接連絡して教えていただこう。



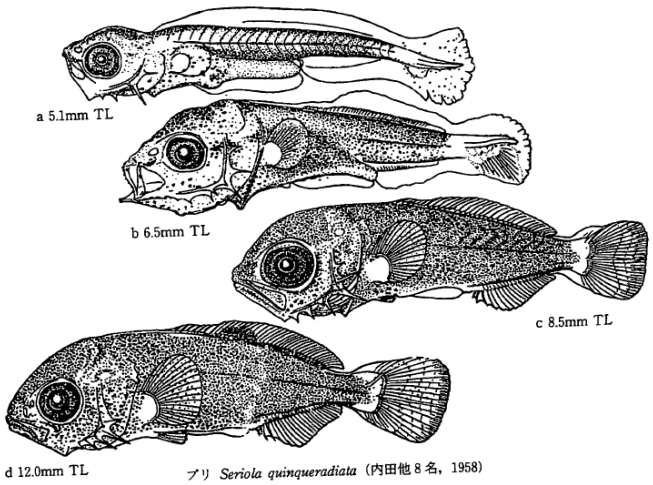


図3-2　ブリの成長にともなうからだの変化

（沖山宗雄編『日本産稚魚図鑑』東海大学出版会、1988年より）

3-2.マイワシ

1)マイワシと人間生活

マイワシは、ブリよりずっとからだが小さく、ブリに食べられるがわに位置しています。からだの大きさが体長で20cmくらいさかなです。コペポーダや小型のプランクトンを食べて生活しています。

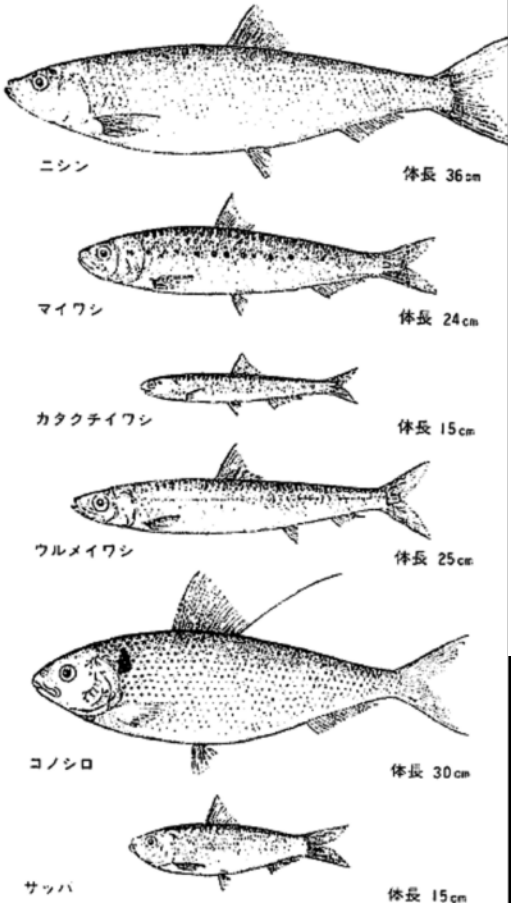


図3-3　マイワシのなかま

（平本紀久雄著 『イワシの自然誌』中公新書、1996年より）

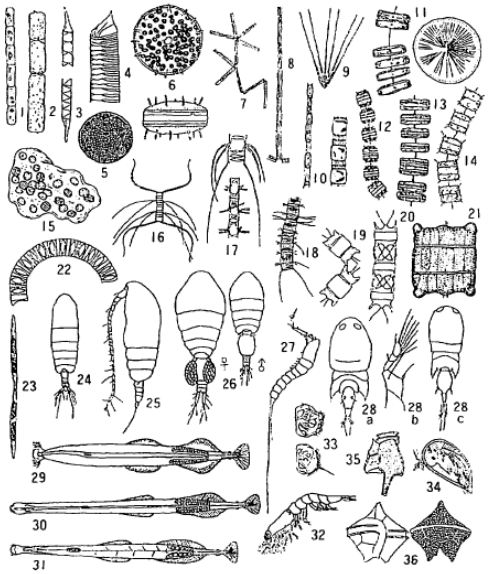


図3-4　マイワシの食べ物（平本紀久雄著『イワシの自然誌』中公新書、1996年より）

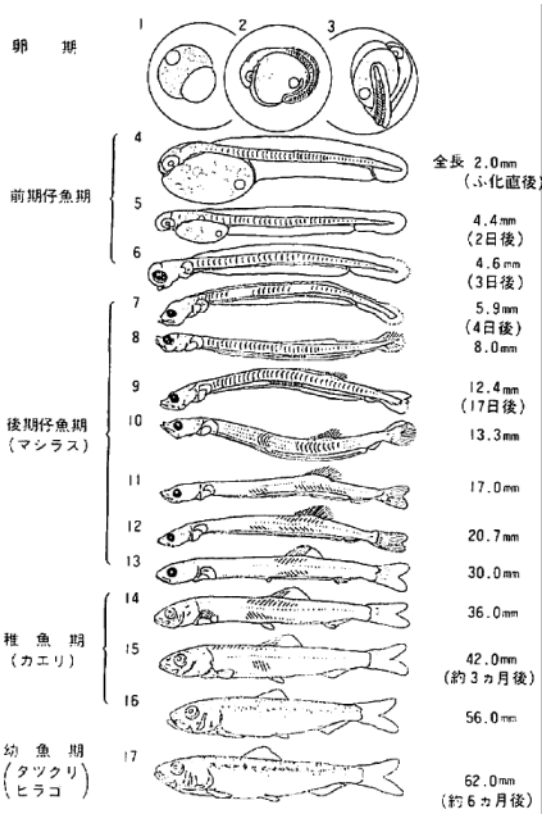


図3-5　マイワシの成長にともなう
からだの変化
（平本紀久雄著『イワシの自然誌』
中公新書、1996年より）

マイワシの卵からの初期の成長のあとを整理しますと、つぎのようになります。

成長段階	生活のしかた	からだなどの特徴（産卵されてからの日数）
卵	漂流、食べない	内部でからだのつくりがどんどん変化していく
前期仔魚	漂流、食べない	さかなの形になっているが、腹部に卵黄が残っている。口が開いていない(2〜3日)
後期仔魚	浮遊、食べる	眼ができて、卵黄が消え、ひれができて泳ぐ。えさをとらえる(7日後)
稚魚	遊泳、食べる	鱗ができる。泳ぐ。群れをつくるようになる(約3ヵ月後)
幼魚	遊泳、食べる	えらに水と小さなものを選り分ける器官ができる。動物プランクトンのほか植物プランクトンも食べるようになる(約6ヵ月後)
小羽イワシ	遊泳、食べる	大きな群れをつくって、回遊を始める（約9ヵ月後）
中羽イワシ	遊泳、食べる	十分成長したものは、繁殖を始める(1年以上後)
大羽イワシ	遊泳、食べる	繁殖を始める（2年後）

2)マイワシの繁殖と死亡

それでは、マイワシの種族維持、繁殖と死亡について考えましょう。

学習課題a.ブリに対して食われる側に位置しているイワシの、一度の産卵数はどれくらいだろうか。

学習課題b.マイワシも回遊魚です。どこで産卵されてどのように移動していくのだろうか。ブリと同じように海流（暖流と寒流）に乗って移動するのだろうか。調べてみよう。

マイワシは、食材として、また日本の産業にとって欠かせないさかなです。1993年の調査では、全国主要33港でとれた98万トンのマイワシの利用先をみると、食用は、ブリとちがって10%と少なく、半分以上の60%は大型魚の養殖やえさとして利用されています。食用では、小売店で売られる生鮮魚としての消費が３%、かまぼこのような練り製品の材料として使われるのが0.4%、缶詰が1.1%となり、その他の食品加工の材料として使われているのが0.7%となっています。江戸時代には、乾燥などしてつくった、干鰯・〆粕が肥料として、米、綿、菜種、みかん、藍などの栽培に利用されました。

漁法は、地域によってちがいがありますが、千葉県の九十九里海岸の地引網は有名です。２艘の船が網を積んで沖合いに出て、あらかじめ見つけたイワシの群れを包み込むように囲むと、舟は網を引きながら岸に向かって進み、そこで待っていた大勢の人たちに網の引き手を渡して引いてもらい、浜に陸揚げする方法で大量につかまえました。豊漁か凶かは、地域の人たちの生活を大きく左右し、江戸時代には、幕府の経済にも大きく影響していたといわれています。

3-3.コペポーダ（カイアシ類ともいう）

マイワシの繁殖と死亡について大事なことを学びました。マイワシのようなからだの小さな動物は、一度に産む卵の数は少ないが、成魚になるまでの期間が短いので、もうれつに繁殖します。このようにみれば、マイワシのえさとして食べられる、コペポーダは、さらにからだが小さいので（平均体長1mm、マイワシは体長24cm)、一度に産む数は少なくても、繁殖力は大きいはずです。一方、からだが小さいだけに、食われる側になって、死亡もはげしいと考えることができます。

学習課題a.**コペポーダについても同じように、産卵数が少ないが、繁殖ははげしいと考えてよいでしょうか。つぎの三つから選んでください。**

（そう考えてよい、そう考えるわけにいかない、実際の産む卵の数がわからないとなんともいえない）

3-4. シャチ

ブリを捕らえて食べるシャチは、さらに大きなからだをしています。体長はおすで9.5m、めすで７m。体重は、おすで５トン（5000kg）、めすで３トンあります。

シャチは、クジラ類の中のイルカのなかまです。ハクジラ類といい、鋭い大きな歯があって、大型の動物を食べます。ブリなど魚類だけでなく、アザラシなども食べます。クジラも食べます。南極大陸近くの海洋で捕獲されたシャチ26頭の胃の内容物が調べられています。それによると、46%がミンククジラ、36%がミンククジラとアザラシ、残りの８%がアザラシだったそうです。

シャチは、めすとその娘、母親と子どもからなる、めす中心の群れ生活をしています。おすは単独生活です。

a. めすの体重の3000kgというのは、ブリの体重40kgの75倍です。そうだとすると、シャチの産む数はどれくらいだと思いますか。

3-5. サメ

1) ホホジロザメ

ホホジロサメは、アメリカのスピルバーグ監督がつくった映画『JAWS（ジョーズ）』に登場する「人喰（くい）いザメ」のモデルになったサメです。上映された時は大人気でした。他の大型の魚類の捕食者の位置にいます（ただし「体長8m/体重3000kg」というのは正式には確認されていません）。このサメは、野生生物の商業取引（しょうぎょうとりひき）についての国際条約（こくさいじょうやく）である「ワシントン条約」の保護動物に指定されています。絶滅（ぜつめつ）が心配です。

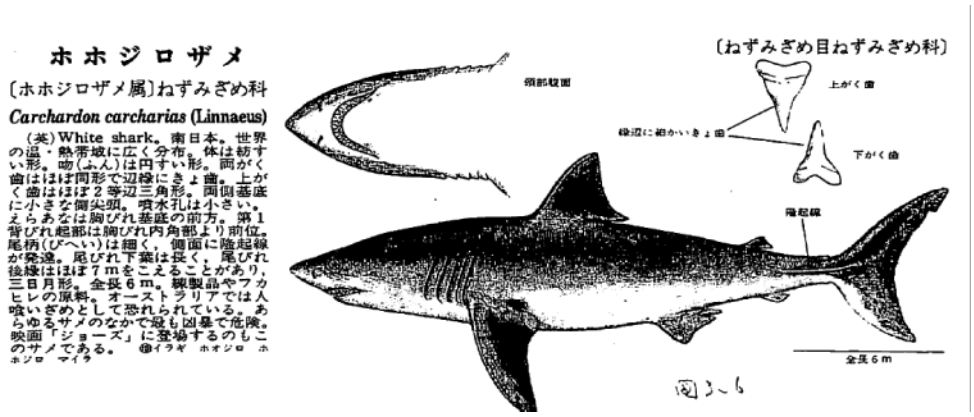


図3-6　ホホジロザメ（阿部宗明監『原色日本魚類図鑑』北隆館、1987年より）

サメは、軟骨魚であることと、水中の酸素を吸収して血液にわたす鰓のはたらきが、鰓ふたの運動によって進められていないことなどから、進化的に原始的であると考えられています。進化の歴史の上では、ブリなど硬骨魚より古い魚類です。だからといって、みんな食べられるがわの動物ではありません。前に見ました、海の動物の食物連鎖図にありますように、からだが大きく、すばやく運動するものは食う側に位置しています。

サメ類の中には大型の魚類をえさとして食べるものがたくさんいます。イルカやオットセイ、アザラシなどの海産哺乳類を好み、海鳥も捕食します。クジラの死骸を食べることもあります。普段はゆったりと泳いでいますが、瞬間的にかなりのスピードで泳ぐことができ、最高速度は時速25-35km程度と言われています（硬骨魚類や鯨類は、最高時速が50km以上で泳ぐものがおり、そうした高速で泳ぐものを追いかけてとらえるというのは難しいです)。空腹でない限りは何もおそわず、こちらから危害を加えなければ何もしてきません。

学習能力に優れていて、獲物をおそう時に過去の経験を生かすといわれています。ホホジロザメの歯は、鋭く大きく、正三角形で、その高さにあたる長さは7.5cmもあります。縁にはのこぎりのようにギザギザがあり、動物の皮や筋肉を切断するのに適した形になっています。一度に約14kgの肉のかたまりを食いちぎることができるともいわれています。体長が4.0-4.8 m、体重が680-1100 kg である、ホホジロザメは、亜熱帯から亜寒帯まで世界中の海に広く分布しており、日本近海にも生息している。ホホジロザメをおそう敵は、人間やシャチ、他の大型のサメです。

ホホジロザメは絶滅しないように、保護が強くされなければなりません。

学習課題a.サメの産む数はどれくらいだと思いますか。

2)ジンベエザメ

サメのなかまは、全部がホホジロザメのような大型の動物をおそって食べるわけではありません。ジンベエザメは、体長が約4.6m、幅が1.5mある大型のサメですが、プランクトン食です。大きな口をあけて、水もえさも一緒にのみ込んで、水だけ噴出してえさの小動物を胃の中におくり込みます。世界中の熱帯・亜熱帯・温帯の表層海域に広く分布しています。動きはゆっくりで、遊泳速度は通常時速５km程度といわれています。性格はおとなしく、非常に臆病で、人にとって危険性が少ないサメです。めすは、特定の海域に留まる傾向が見られるといわれていますが、おすは広い海域を回遊するようです。普通単独で生活し、えさが豊富な海域では集団を形成します。環境の変化に弱い魚類で、繁殖についてはあまり分かっていません。生まれてから約30年

で成熟し、60年から70年ほどを生きます。現在、ジンベエザメはワシントン条約に保護動物に指定されていて、絶滅が心配されています。数が減った直接の原因は、発展途上国での乱獲(らんかく)によるものです。しかし、本当の原因は、中国や日本の中華料理でフカヒレが好まれていることです。われわれ日本人や中国人にもあることを自覚する必要があります。“買わなければ、殺されない”というのが、野生生物保護の鉄則(てっそく)です。

学習課題a. ジンベエザメも胎生(たいせい)でしょうか。それとも卵生(らんせい)でしょうか。どちらだと思いますか。

3-6. ブリ・マイワシ・マアジの関係

1) ブリとマアジ

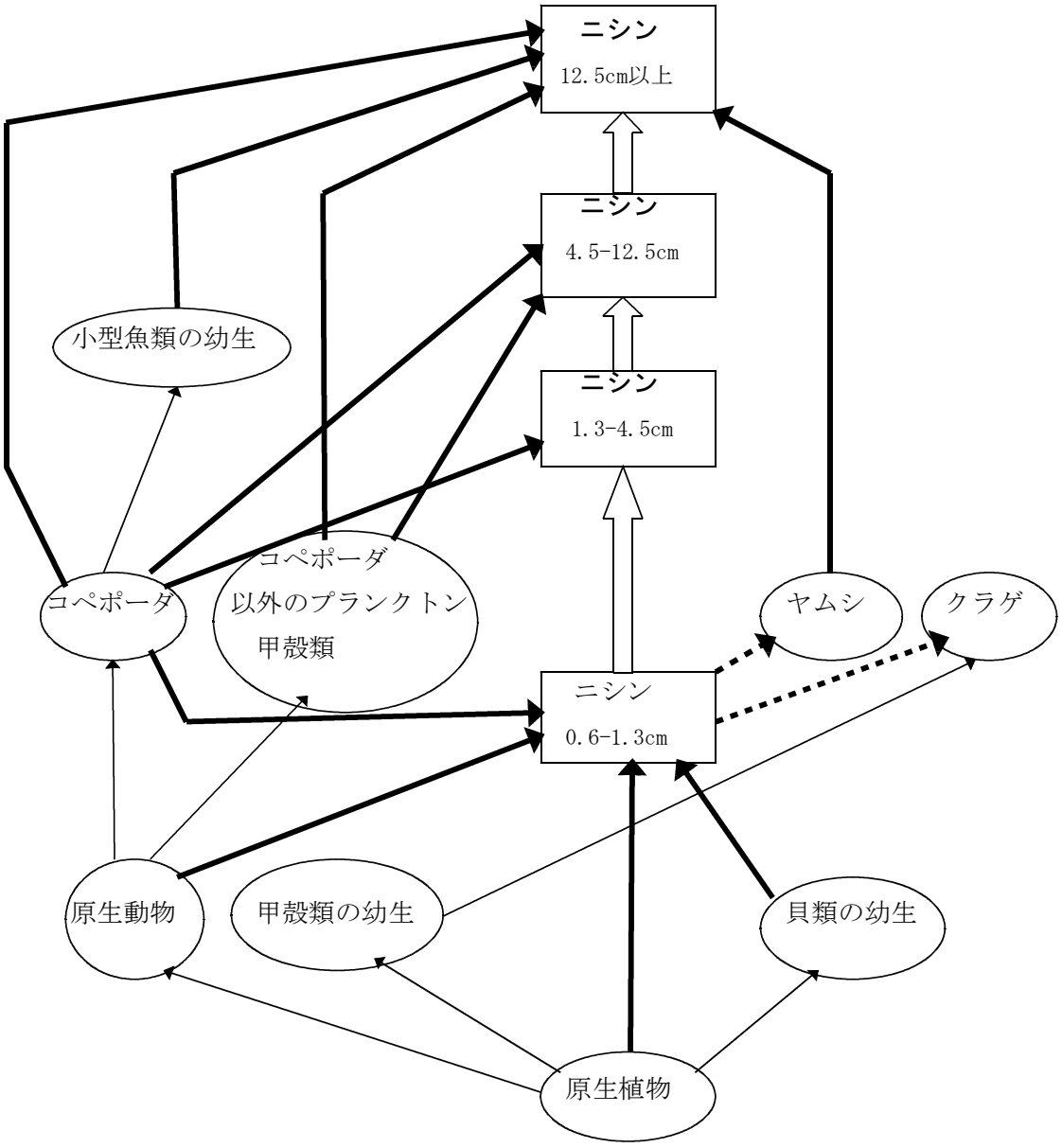
ブリはマイワシを食べるがわの動物、マイワシはブリに食べられるがわの動物というように考えられています。ところが、『魚類学（下)』という、1977年に「恒星社厚生閣(こうせいしゃこうせいかく)」という出版社から発行された本の、第５版を見ましたら、ブリとほかの小魚とは「この関係が逆転する場合もある」ということをつきとめました。本に書かれていることを表現のしかたを一部変えて書きますと、つぎのようになります。またブリの皮膚には寄生虫がたくさんついているとも書いてありました。

１．＜ブリは前期稚魚まではコペポーダが主なえさで、後期稚魚になるとそのほかにカニの幼生、他のプランクトン甲殻類(こうかくるい)(甲殻類というのは、エビ・カニ類やコペポーダ類、ウミホタル類など）を食べる。若い魚になると、イワシやサバなどの沿岸性の小魚・イカ類・アミ類（プランクトン性の甲殻類、大型ハクジラ類の重要なえさ）を食べる。０～1年魚のえさとしては、カタクチイワシがもっとも多くて32%、マアジが14%、スルメイカが９%となっている。成魚は、マアジ・カタクチイワシ・サバ類・イカなどのほか、ネンブツダイ・ヒイラギ・イサキ・タイ類（これらはみんな魚類）など海の底に生活している魚類も食べている。＞

２．＜藻についた初期の仔魚(しぎょ)はワレカラという甲殻類に食べられ、孵化(ふか)してから1ヶ月あまりのものは、ウルメイワシやフグ類の仔魚により食べられる。２か月後のものは、アジ・タカノハダイ・シイラ・イザリウオなど藻場(もば)、浅海(せんかい)に住む小魚に食べられる。成魚はゴンドウクジラやイルカなどにおそわれるらしい。＞

上の１の文章では、アジというさかなは、０～１歳や成魚になったブリに食べられますが、２の文章では、その前の段階の孵化してから２ヵ月後のブリは、このアジに食べられるがわになっています。

学習課題a. 同じことはニシンというさかなでも見られます。つぎの図で気が付いたことを発表してください。



2)マアジとマイワシ

学習課題a.マイワシとマアジというサカナは、魚店ではよく隣り合わせにおかれていますが、同じ小型の魚類です。この２種類の魚類は、どちらが食うがわで、どちらが食われるがわなのでしょうか。つぎの中から答えと思うものを選んでください。

1.マイワシが食うがわ　2.マアジが食うがわ　3.マイワシとマアジは食う・食われ

るの関係にない
4.その他（　　）

学習課題b.マイワシとマアジを魚店から買ってきて、からだのつくりをみて、からだのいろいろなところについて、サカナが生きていく上でどのようなはたらきをしているか、確かめましょう。

学習課題c.マイワシとマアジでは食べ物とする動物・植物がちがうといいましたが、それは口先をみれば、わかります。マイワシはどのようなえさの捕らえ方をするでしょうか。マアジはどうでしょうか。

ここで、「中間まとめ、その２」として、これまで学習してきた、動物の殖え方と、からだの大きさとの関係について整理しましょう。

あなたは、動物の殖え方について、何が一番大事なことだと思いましたか。

４．アブラムシとメクラチビゴミムシ

4-1.アブラムシ

学習課題a.アブラムシを採集してきて、飼育しましょう。飼育しながら、アブラムシがどのような動物なのか、つぎのことを中心に、からだ・生活のしかたについて調べましょう。

a-1.アブラムシは、昆虫でしょうか。それとも別の動物でしょうか。
a-2.アブラムシは、食べ物をどのように食べていますか。口先の形から考えてみましょう。
a-3. アブラムシには、羽がありませんが、どのようにして、食べ物がある植物にたどりつくのでしょうか。
a-4.図鑑や本、インターネットで、アブラムシについて調べてみよう。とくに作物や園芸植物の害虫としてきらわれています。どのような作物・園芸植物のからだのどの部分が害を受けるのでしょうか。調べましょう。

学習課題b.アブラムシは、どのように殖えるのでしょうか。
b-1.卵生と思いますか。それとも胎生だと思いますか。
b-2.アブラムシは、繁殖・死亡がはげしい昆虫なのだろうか。考えてみましょう。

4-2.メクラチビゴミムシ

学習課題a.現在、昆虫を研究している人たちの間で、メクラチビゴミムシの名前を改めようという人と、その必要がないという人の間で討論がされており、改名するかどうかが、まだ決まっていません。あなたはどう思いますか。

a-1.なぜ、改名すべきであるという意見が出てきたのでしょうか。

a-2.あなたは、改名したほうがよいと思いますか。それとも、その必要はないと思いますか。

学習課題b.メクラチビゴミムシは洞穴(どうけつ)生活をしています。洞穴は真っ暗な世界ですから、植物は生活していません。何を食べ物として食べているのだろうか。

学習課題c.メクラチビゴミムシは、卵をどれくらいの数産むのだろうか。からだが小さいから、やはり産卵数は少ないのだろうか。繁殖ははげしいのだろうか。

５．大きな動物と小さな動物

5-1.大きな動物と小さな動物

学習課題a.大きな動物と小さな動物では、どこにちがいがあるだろうか。

学習課題b.大きな動物と小さな動物で、似ているところがあるだろうか。

5-2.繁殖力が大きい動物と小さい動物

学習課題a.どのような動物が、繁殖力が大きいのだろうか。

学習課題b.どのような動物が、繁殖力が小さいのだろうか。

5-3.この学習で、自分がわかったことをはっきりさせよう。

５．「5abs.大きな動物と小さな動物」の基礎資料

これは、「5abs.大きな動物と小さな動物」の学習指導計画を立てる準備として集めた資料を整理したものです。実際の指導にあたって利用してください。

１．モンシロチョウ

a.モンシロチョウ

a-1.生活の基本

１．モンシロチョウは、春になると、キャベツの葉のうらで休眠（きゅうみん）していたさなぎがかえって成虫（せいちゅう）になる。さなぎの背の皮が割れて、からだが出てくる。はじめは羽が閉じているが、さなぎのぬけがらにぶらさがっていると羽が広がる。羽ができあがると、おすは飛び立ち、めすを探す。

２．昆虫としてはゆっくりした羽ばたきで飛びまわり、めすがいるところを探す。めすは、キャベツの葉のうらにとまっている。めすの近くに来ると、モンシロチョウのめす独特の羽の色を感じとり、近寄って交尾（こうび）して、精子（せいし）をめすのからだの中に注入する。めすのからだの中では、卵（らん）と精子が受精（じゅせい）して受精卵ができる。

３．おすは、交尾が終わると、方々（ほうぼう）に飛びまわって蜜（みつ）を吸うが、やがて死んでいく。めすは、キャベツを探して飛び立つ。キャベツを探す手がかりは、キャベツが発散する、カラシ物質である。人間には、ピリッとしてからい物質である。それは、キャベツが昆虫などに食べられないようにつくり出している、植物を食べる昆虫がきらう物質である。モンシロチョウだけは、毒（どく）作用を受けない性質があり、キャベツの葉に引きつけられる物質となっている。

４．キャベツの葉にとまると、モンシロチョウのめすは、１株のキャベツの葉に尾の先端を葉にぎゅっと押し付けて、卵を一つ産みつける。それは、横が0.4㎜、縦が0.8㎜の細長い小さな卵で、その数は300粒から400粒で、平均（へいきん）して１匹あたり386粒（つぶ）産む。

５．産み付けられた卵は、暖かい地域の場合、３日くらい経つと孵化（ふか）して幼虫になる。幼虫は緑色をしていて、「アオムシ」と呼ばれている。それは、キャベツの葉をどんどん食べて、からだが成長していく。その途中で4回、まわりのから（外骨格（がいこっかく））を脱（ぬ）ぐ。脱皮（だっぴ）といっている。脱皮ごとに齢（れい）を数える。このように「からだが大きく育つと脱皮する」ということをくり返して、幼虫は５齢まで育つ。体重の変化は、卵が0.09㎎で、えさを食べることなく、体内の栄養物質を消化し、エネルギー取り出しとからだづくりに使う。幼虫になる

と自分でえさを食べて利用する。１齢幼虫がキャベツの葉を食べて育ち、脱皮する前の体重は0.17mgになり、５齢幼虫では86mgとなり、さなぎ直前では306mgとなる。

６．５齢幼虫は、キャベツの葉の裏側に移動していって、そこに糸をかけてからだを支え、休眠する。さなぎは、移動することもキャベツの葉を食べることもやめる。栄養物質は、体内に蓄えていたものを使うだけであるから、体重は減少して227mgとなる。さなぎからかえった成虫は134mgとなる。

７．モンシロチョウの幼虫が食べる葉の量は、からだの大きさによって大きく異なる。葉の量をカロリーに換算して調べた結果によれば、１齢幼虫だと14.4カロリーであるのに対して、５齢幼虫は、939.2カロリーである。食べたキャベツの葉は消化器官の中で消化され、１齢幼虫が食べた14.4カロリーの葉は、消化できなかったものは糞として捨てられる。糞と尿を合わせた排出の量は0.4カロリーで、吸収した栄養物質はエネルギー取り出しと成長に使われる。成長した量は0.9カロリーであった。幼虫最後の５齢幼虫では、939.2カロリー食べて、成長量は218カロリーであった。

さなぎの休眠は、キャベツ畑のものでは６日間かかり、成虫になって、ふたたびおす、めすを探しに飛び立つ。

８．モンシロチョウが、さなぎから孵化して成虫になって飛び立つ時期は、地域によって異なる。暖かい鹿児島や高知では２月のはじめ、関西では３月、北海道では５月である。成長する期間も異なり、１年間に何回産卵するかも異なる。実験的に温度を変えて飼育した例では、19℃だと卵から成虫まで約38日であるのに対して、25℃だと23日で成虫になる。暖かい地域の野外で調べられた例では、卵の期間が３日、幼虫の期間が12日、さなぎが６日で、合計21日で成虫になった。

a-2.繁殖と死亡、種族維持

９．平均386粒の卵は、全部が成虫になるわけではない。もし、おす・めす1組で386粒卵を産んで、全部が成虫まで育ったとすると、386個体は、そのおす・めすの組は193になるから、つぎに卵を産むとすると、生まれる卵の数は、386粒×193で74498となる。つぎの時期にはさらに増える。

表　モンシロチョウの「死に、生き残る」様子

成長段階	生活の特徴	各段階初めの生存数	各段階の死亡率 主な死亡原因と死亡数（率）
卵	動かず食べず	794 (100%)	214(27.0%)　転落170(21.4%) 乾燥 33(4.2%) 黒変化 11(1.4%)
幼虫1齢	はう、食べる	580(73.4%)	280(48.3%)　おぼれる130(22.4%) 小型の敵に食われる 4.5(0.8%) 中型の敵に食われる80(13.8%) 大型の敵に食われる60.5(10.4%)
2齢	はう、食べる	300(37.8%)	17(5.7%)　おぼれる　1(0.3%) 小型の敵食3.2(1.1%) 中型の敵に食われる10.8(3.6%) 病気　2(0.7%)
3齢	はう、食べる	283(35.6%)	9(3.2%) 小型の敵に　われる 0.4(0.1%) 中型の敵に食われる 5.6(2.0%) 病気　3(1.1%)
4齢	はう、食べる	274(34.5%)	26(9.5%) 小型の敵に食われる 7.9(2.9%) 中型の敵に食われる 13.4(4.9%) 大型の敵に食われる　4.7(1.7%)
5齢	はう、食べる	248(31.2%)	161(64.9%)　ｱｵﾑｼｺﾏﾕﾊﾞﾁに30(12.5%) 中型の敵に食われる 130(52.4%)
さなぎ	休眠、食べず	87(11.0%)	20(23.0%) ｱｵﾑｼｺﾏﾕﾊﾞﾁに食われる 13(14.9%) ｱｼﾅｶﾞﾊﾞﾁに食われる　5(5.8%) 病気　2(2.3%)
成虫	飛ぶ、蜜をすう	67(　8.4%)	

＊　小型の敵：小さいクモ、中型の敵：やや大きいクモ、大型：アマガエル

10. 四国の香川県高松市で、蓮井英昭（はすいひであき）さんという人が1977年に調べた例だと、あるキャベツ畑で794の卵を見つけて、１齢幼虫になるまでに214死亡して、生き残ったのは580だった。その580の１齢幼虫は280死亡して、生き残って２齢幼虫になったのは300だった。

こうして死亡してどんどん数が減っていく中で、さなぎになったのが87、成虫になったのは67であった。率で計算すると、生き残り率は8.4％であり、死亡率は91.6％だった。人間について、計算の上で予想するならば、子どもが10人生まれて、おとなになるまでに育つのは１人いない。0.84人となる。子どもが12人生まれると、おとなまでに1人生き残ることになる。ほかの11人は、それまでに死んでしまうことになる。

11. 最初に発見された794粒という卵の数は、おすめす１組から生まれる卵の平均数386の約２倍だから、2組のおす・めすが産んだ数に近い。それから67が生き残ったというのは、33組のおす・めすが残ったことになり、つぎに生まれる卵の数は、386粒×33で12738となる。91.6％死亡しても、つぎにはすごい数の卵が生まれることになる。

12. しかし、いつもそのように多く生き残るわけではない。時には全滅することがある。蓮井さんの高松市での調査で、６月に生まれた686粒の卵の場合、５齢まで生きのびたものが５匹、さなぎになる前にすべてが死亡して、生き残ったものはなかった。７月に生まれた288粒の卵も、５齢まで生き残ったものは２個体で、さなぎになる前に全滅した。

13. 成虫になるまでに全滅したのでは、モンシロチョウという昆虫が滅びることになる。しかし、他の地域に成虫まで生き残ってつぎの卵を産むので、すぐに滅びるわけではない。しかし、多くの地域で成虫までに生き残らないとすると、滅びる危険性も出てくる。どうなっていれば、モンシロチョウという種族が生き残ることができるのか。それは、どれだけ卵を産もうと、おすめす1組が産んだ卵が最終的におす・めす1組が生き残り、卵を産むようになればよいことにある。

14. おす・めす1組が産む卵の数は平均して386粒であるから、その386粒が成虫になるまでにおすめす1匹ずつ残れば、そのおす・めすから、また386粒産んで２匹の成虫が残るというようにして、モンシロチョウという種族は残ることになる。その割合は、386分の２だから、生き残り率は0.52％である。死亡した数は384であり、死亡率は99.48％ということになる。そのようにたくさん死にながら、親２匹から子が２匹生き残れば、種族は維持されることになる。かりに群馬県の嬬恋村のような広いキャベツ畑におすめす1万組が386万粒の卵が産んだとすれば、それが成虫になって産卵可能になるまでに、1万組のおす・めすが残ればよいことになる。その数は、おす・めす合わせて２万であるから、384万の卵は、成虫になる前に死んでも種族は残ることになる。かり

にキャベツ畑に農薬がまかれて、386万のうち半数の193万粒が死んだとすれば、この計算で考えれば、生き残りは1万匹、5000組となり、それが産む卵の数は193万粒となる。そうしたことがずっと続けば、モンシロチョウは、成虫になって卵を産むたびに、その数は半分になって、だんだん個体の数は減少していき、ついには滅びることになる。

15. 蓮井さんが調べた、高松市の春のキャベツ畑で発見された794粒の卵は、これは約２組のおす・めすによって産み付けられたものと考えられる。だから、計算の上では、このキャベツ畑では、おす・めす２組４匹の成虫が残れば、持続できることになる。ところが、実際に生き残った成虫は、67匹、33組のおすめすであり、生き残り率は8.4%となって、安泰ということになる。ほかのキャベツ畑のモンシロチョウが全滅しても、蓮井さんの畑で生き残った67匹の一部の成虫がそちらに飛んでいって、交尾して産卵すれば、一度死滅したところも再生できることになる。

16. ぎゃくに、６月の蓮井さんの畑のモンシロチョウは全滅したが、どこか別の畑のモンシロチョウがおすめす２組、４匹が生き残って、半数の２匹が蓮井さんの畑に来て、卵を産めば再生できる。しかし、「ほかの畑の･･･」といっても、ずっと遠くに離れていて、モンシロチョウの成虫のおすもめすも両方が飛んで来られなければ、蓮井さんの畑では、モンシロチョウは滅ぶことになる。実際は、６月に全滅しながら、つぎの７月には卵が発見された。そして、それも成虫にならないうちに、みんな死亡したが、それでも10月には、また卵が見つかり、それらは、さなぎになって冬を越す数が114匹になった。それは、きびしい寒さに耐えなければならず、多くのものが死亡するであろうが、おす・めす２匹ずつ残れば、つぎの年もふたたびモンシロチョウが飛び交い、産卵することができる。

a-3. モンシロチョウの死亡原因

17. モンシロチョウの成虫が産んだ卵、それからかえった幼虫（アオムシ)、さなぎはすごい勢いで死亡していくことがわかったが、その死亡の原因は何であろうか。人間ならば、病気、事故などによるが、原因として上げられるが、モンシロチョウの死亡原因は何なのだろうか。

　蓮井さんは、それもつきとめていた。４月世代のものについて整理したのが表である。死亡原因のうち、モンシロチョウにとってもっとも重大なのは、人間では考えられない、ほかの動物に食べられることであった。それから卵時代にキャベツの葉から転落すること、生まれたばかりの幼虫が葉にたまった雨水、つゆの中で溺れ死んだことだった。これも人間にはありえないことである。また年齢別では、幼虫になったば

かりの１齢幼虫の時と卵時代の死亡数が多い。５齢幼虫がそれについで多いが、死亡原因は、アシナガバチ、アマガエルやアオムシコマユバチに食べられることだった。

a-4. モンシロチョウの敵

18. 大きくなったアオムシを多く食べるのは、からだが大きい動物である。アシナガバチは、昆虫食の昆虫で、アオムシをだんごにして食べ、アマガエルはそうしたことをしないで、丸呑みして胃に運ぶ。アオムシコマユバチは、アオムシのからだに自分の卵を産み、ハチの卵がかえって幼虫になると、アオムシが死なないように食べていく。そして、アオムシがさなぎになる直前、ハチの幼虫は、アオムシの体内から脱出して、その体表にまゆをつくって休眠する。その時アオムシは死ぬ。

もう1種、アオムシに寄生する昆虫のマガタマハイバエは、４齢と５齢の間の幼虫に自分の幼虫を産みこむ。この場合最初に入った幼虫は、後から入ろうとした自分のなかまである他の幼虫をその口針で刺し殺し、アオムシを独占する。そして最後にはモンシロチョウのさなぎを殺してそこから脱出し、地中でさなぎになる。アオムシコマユバチの幼虫とマガタマハイバエの幼虫が、同じアオムシの体内に入った場合には、アオムシコマユバチの幼虫が先に栄養物質を得て、マガタマハイバエの幼虫は餓死してしまう。

a-5. もう一つの敵

19. モンシロチョウには、もう一つの敵がいる。これは、アオムシコマユバチやアシナガバチとはまったくちがう敵である。絶対的な敵である。モンシロチョウを食べるハチやアマガエルは絶対的な敵とはいえない。もしこれらの敵がその威力をさらに強力に発揮し、モンシロチョウを食べつくしたら、それらの動物もえさがなくなり滅びることになる。別に、これらの敵は、えさ不足にならないように、手加減して捕らえ方を調節しているわけではない。できるかぎりの能力を発揮して捕らえ食べようとしている。しかし、モンシロチョウの幼虫のほうも、うまくかくれるなどして食べつくされないようにしている。食われるほうと食うほうの相互作用がぶつかって、その中で滅亡しない範囲で食われるというところに落ち着いた。そこで、モンシロチョウは種族維持でき、敵となっている動物も滅びることなく生存しているという関係ができ上がった。これは、動物の進化の中で生まれたものである。

20. しかし、それとはちがう絶対的な敵とは人間である。モンシロチョウがキャベツやその他のアブラナ科の作物の葉を食べれば、それは商品としては売り物にならなくなる。だから人間は容赦(ようしゃ)なくモンシロチョウが絶滅することを目標として駆除(くじょ)に臨(のぞ)んでいる。そして、キャベツ畑からモンシロチョウの姿が消えたところがいくつもあっ

た。スーパーマーケットや青果店には、虫食いのないキャベツが並ぶようになった。それでもモンシロチョウは絶滅しなかった。それは、人間のモンシロチョウを絶滅させる力が劣っていたからだ。それとモンシロチョウの発生を抑えるために使われた殺虫剤が、人間にとっても有害であり、その使用を制限されるようになったからである。むしろ、穴のあいた葉のあるキャベツのほうが、そうした農薬が使われておらず、安全だという証拠になって歓迎された。しかし、農業を営む人が少なくなり、畑が減少するということも、モンシロチョウにとってはおそろしいことである。

b. モンシロチョウのなかま—シロチョウ属

１．日本にいるモンシロチョウのなかまには、ほかに２種類いる。一つはスジグロシロチョウ、もう一つはエゾスジグロシロチョウ*である。この３種は、生活している環境も、食べる植物も微妙にちがう。三つのシロチョウは、どれもキャベツなどアブラナ科の植物をえさとしている。えさとなる植物は、どれもカラシ物質を発散している。アブラナ、ダイコン、ワサビといった作物だけでなく、イヌガラシ、タネツケバナ、ハタザオといった作物以外の植物も、これらシロチョウ属のチョウがえさとしている。

しかし、この３種は、それぞれえさとして重点をおいているものがちがう。モンシロチョウは、キャベツ、ダイコンなどの作物（ワサビは食べない）以外にイヌガラシを主なえさとしているが、スジグロシロチョウは、タネツケバナが中心である。またエゾスジグロシロチョウは、ハタザオを主なえさとしている。これによって、食べ物の取り争いが避けられて、共存することができる。

***モンシロチョウという名は、漢字で書くと紋白蝶となる。羽に黒い●のような紋の模様のあるシロチョウであるという意味である。スジグロシロチョウは、羽に黒の紋ではなくすじが入っている。またエゾスジグロシロチョウのエゾとは北海道の別の呼び名であるが、このチョウは、北海道だけでなく、九州まで広く日本列島の主なところにみられる。**

２．モンシロチョウは、明るい作物畑が主な生活場所で、めすが卵を産みつける作物は、どちらかというと、若いものを選ぶ。まだキャベツが生育を始めて、あまり日にちが経っていない畑のキャベツの葉である。そうすることによって、アオムシコマユバチのような敵である、昆虫食昆の虫がその畑に来ていない間に成長して、多くは食べられることなく生活できる。これらの昆虫食昆虫は、アブラナ科の植物が発散するカラシ物質と、モンシロチョウが葉を食べた時に出る唾液の入り混じったもの、あるいはチョウが食べた時のあとを手がかりにして、モンシロチョウがいる場所を発見するが、それができない環境ということになる。スジグロシロチョウとエゾスジグロシロチョウは、明るいところに来ないことはないが、林の近くの薄暗いところを中心に

して生活する。

３．シロチョウ属の歴史

モンシロチョウが食べるキャベツは、明治時代になってから外国から移入(いにゅう)された作物である。キャベツが日本で栽培される前は、モンシロチョウは何をえさにしていたのだろうか。それはダイコンや菜(な)（アブラナ、コマツナなど）であった。しかし、これらの作物も人間によって外国から移入されたものである。ダイコンは弥生時代、カブは1250年前に栽培されるようになったとのことである。日本で栽培が始められたアブラナ科の作物はワサビだけであるが、モンシロチョウの幼虫はワサビの葉を食べることはない。とすると、これらの作物が日本に入ってくる前は、何をえさとしていたのだろうか。モンシロチョウは、これらの作物が日本に渡ってきた人たちによって移入され、その時に、一緒に外国から入ってきたといわれている。それだけでなく、スジグロシロチョウなどが食べている畑の雑草も、外国から入ってきたのではないかという考えもある。

モンシロチョウ、スジグロシロチョウ、エゾスジグロシロチョウの故郷(ふるさと)は、地中海からヒマラヤにかけての乾燥地帯(かんそうちたい)である。アブラナ科の植物が分かれていろいろな種族が出現したのに対応して、そこで三つの種族に分かれた。別の生活場所に移動し、別のアブラナ科の植物を食べ分けるようになり、別の種類のシロチョウになったと考えられている。これとは別に、モンシロチョウは、中国大陸か朝鮮半島(ちょうせんはんとう)から集団で海を渡ってきたという考え方もある。

２．シジュウカラ

１．シジュウカラの産卵数

シジュウカラは、主として林に住む小鳥の1種で、チョウやガの幼虫（イモムシやケムシ）にとっては敵である。昆虫やその幼虫をえさとして食べて生活している。動物たちを、「食う―食われる」という関係でみると、シジュウカラは昆虫にとっては食う側の動物、昆虫はシジュウカラにとって食われる側の動物である。ガの幼虫は、シジュウカラに見つかれば、まちがいなく捕らえられ食べられてしまう。モンシロチョウも、アマガエルや小鳥、他の昆虫にとっては食われる側の動物であり、その食われる側の動物としてモンシロチョウの生活をみてきた。今度は、食う側の動物としてシジュウカラの生活を見てみたいと思う。

２．シジュウカラの生活

a. シジュウカラは、卵をどれくらいの数産むか

モンシロチョウの生活をくわしく見て、明らかになったことであるが、動物は、人間の場合とはちがった原因で死亡し、ものすごい数の個体(こたい)が死亡する。しかし、その一方でたくさんの卵を産むので、種族が絶えることがない。シジュウカラは、モンシロチョウと同じように、たくさん産んでたくさん死んで、種族を維持しているのだろうか。シジュウカラは鳥類で、背骨をもっている動物である。ライオンなど哺乳動物とモンシロチョウなどの昆虫と比べると、ライオンなど哺乳類に近い動物である。からだは、モンシロチョウなど昆虫にくらべるとずっと大きい。だから、動物相互の関係を「食う―食われる」の関係でみると、シジュウカラは「食う」側の動物なのである。昆虫はからだが小さいから、「食われる」側の動物である。シジュウカラは、さまざまな昆虫やその幼虫をえさとして捕らえ食べ、生活している。

モンシロチョウは、平均して386粒の卵を産み、そのうちの384粒が成虫になるまでに死に、おす・めす二つが残ることによって、種族維持が実現されている。では、シジュウカラは、どれだけの数の卵を産んで、どれだけ死んで、どれだけ残れば、種族維持が可能なのであろうか。からだが大きいから、産む卵の数はもっと多いのだろうか。そうだとすると、死亡する数ももっと多いはずである。それとも、食うほうの動物であるから、もっと少ないのだろうか。その答えは、おす・めす１組が1度に産む数は、平均して９個である。モンシロチョウの産卵数よりはるかに少ない。そうすると、死亡数ももっと少ないのだろう。実際に調べられていることで、確かめてみよう。

b. シジュウカラの1年の生活

シジュウカラは、秋から冬にかけては群れで生活している。冬になると、この群れはこわれて、おす・めす１羽ずつ１組のつがいになる。春になると、巣をつくって卵を産む。受精卵はやがてかえってヒナになる。ヒナは、夏の終わりごろには若鳥となって巣立つ。親鳥のもとから離れ、独立した生活を営むようになる。そして、秋をむかえると、群れ生活に入り、冬になると群れはこわれる。

シジュウカラは、林の中の生活が中心である。群れは、エナガ、ヒガラなどほかの種類の小鳥と行動をともにする。その群れをつくっている数は、それぞれの土地によってちがうが、多くて60羽くらいである。秋から冬にかけて、葉を落とした枝先にぶら下がったり、幹にとりついたり、地上におりて、音をカサカサいわせて虫を探す。虫をみつけると食べ、ふたたび探して、ということをくり返しながら、少しずつ林の中を移動する。しばらくして、1羽が突然さえずる。すると、それに合わせてほかの小鳥たちも一斉にさえずる。それから少しして、1羽が急に飛び立つと、ほかのものも、それにつれて飛び立って、新しい場所へと移動する。群れには、リーダーのようなも

のはいない。最初にさえずるものも、飛びたつものもきまっていない。その時々によってちがったものがさえずり、飛び立つ。

１月末から２月はじめ頃になると、群れは分解のきざしがあらわれる。群れから離れたおすとめすの２羽連れが目立ってくる。おすは、いくつかのさえずり場所とその周辺のせまい地域を守るようになる。ほかのおすがその場所に入ろうとすると追い払う。なわばりである。

４月になると、シジュウカラのつがいは、樹のうろなどを利用して、これにスギゴケなどを運び込み、また、イヌやヤギ、モグラなどの毛、ゼンマイ（植物の1種）の新芽(しんめ)の綿毛(わたげ)を使って巣(す)作りをする。巣をつくり始めてから約1週間後卵を産みはじめる。光沢のない白地にやや淡(あわ)い赤褐色(せきかっしょく)の小さな斑点(はんてん)が散在(さんざい)した模様の卵である。毎朝1個ずつ産む。卵の大きさは、長径が17㎜、短径が13㎜、重さは平均1.7gである。ニワトリの卵より小さいが、モンシロチョウの卵よりはるかに大きい。全体の数は平均して９個である。

このように卵を産み始めると、めすが巣の外に出て、えさをとりに飛び立つ時間が短くなり、やがて卵を抱いて暖めるようになる。卵を抱き始めてから11日ないし15日経ったころ、卵はかえってヒナになる。はじめは毛がうすく、目は大きいがあかない。あるくこともできない。もちろん飛ぶこともできない。えさをとることもできない。おすがえさを捕らえて、運んできて与える。やがてめすもえさ探しに出る。1日に平均160回運ぶ。

こうして孵化したばかりのヒナは、1.1ｇであったのが、10倍以上の14ｇにまで成長し、19日くらいで若鳥になって巣を離れる。目は見え、毛も羽毛(うもう)も完全にそろい、足もしっかりして飛べるようになる。巣から飛び立てるようになって２～4週間たつと、親鳥のもとを離れて独立生活するようになる。はじめは、林の中をさまよい、やがて若鳥だけのまとまりのゆるい群れをつくる。それから、成鳥(せいちょう)の群れの中に入ったり出たりする。

若鳥でなく、完全に成長しきったシジュウカラは、翌年の春、相手をみつけてつがいをつくる。そして、親たちがしたと同じように、巣作りをし、卵を産み、育てる。

c. シジュウカラの繁殖と死亡とその理由

産み出された９個の卵はどのようにどれくらい死ぬのだろうか。いくつ残るのだろうか。死亡の原因は何だろうか。モンシロチョウと同じように、食べられて死ぬのが多いのだろうか。転落死などということはあるのだろうか。おぼれて死ぬものはいるのだろうか。それともほかの原因で死ぬのが多いのか。

まず卵の段階だが、１個か２個死ぬ。７個か8個が残ってヒナになる。哺乳動物のイ

タチやリスに食べられて死ぬことが多く、うまく成長できないもの、未受精のために生きていけないものもいる。

表　シジュウカラの各成長段階の特徴と死亡＊

成長段階	生活の特徴	主な死亡原因	各段階初め 各段階の死亡率 の生存数（率）
卵	巣の中で 親に養育される	未受精、イタチ・リスに 食べられて	9 (100%)　　17%
ヒナ	巣の中で 親による養育	イタチ・ヘビなどに 食べられて	７～８ (83%)　22%
若鳥	巣から飛び立つ 自分でえさをとる	餓死	５～６ (65%)　87%
成鳥 翌春の 成鳥	秋から冬は群れ おす・めすの つがい(繁殖)	フクロウ、タカに	０～１ (8.6%)　52% ０～１ (4%)

つぎのヒナの段階では、１羽～３羽死亡する。死因(しいん)は、イタチやヘビに食べられることである。そして独立生活に入る若鳥の段階で多くが死ぬ。成長になるまでに全滅することがあり、わずか１羽生き残ることもある。５羽くらいが死ぬことになる。若鳥の段階がもっとも死亡のはげしい時期である。原因は餓死である。えさを探し食べることができず、えさ不足で死ぬ。生きのびたものが、成鳥になって翌年の春につがいをつくる。それは、９個のうち１羽いるかないかである。成鳥になるまでの平均の死亡率は96％、生き残り率は４％である。モンシロチョウの平均の生き残り率が0.52％であるから、その生き残り率は、約８倍である。シジュウカラは、モンシロチョウにくらべて、産卵数が少なく、死亡数も少ない。モンシロチョウがたくさん産んで、た

くさん死にながら種族を維持しているのとはちがう。

産卵数が少ないということには二つの面がみられる。一つは多くは産めないということである。もう一つは、少なく産んでも種族は守られるということである。多く産めない理由は、親のからだの大きさに比べて、卵が大きいからである。だから毎朝１度1個ずつしか産まない。シジュウカラのめすの体内では、卵が順々に育って、順々に生まれ出る。一度に９個の卵をつくり産み出すことはできない。モンシロチョウも一つずつ産むが、産む時には300粒以上の卵ができている。シジュウカラがこれほどに少なく産むというのは、危険なことである。２羽１組のおす・めすから９個産んで、残るのは無いか１羽である。２羽から１羽しか生き残れないのでは、種族は維持できないことではないか。

実際は、そうではなく、シジュウカラは、モンシロチョウのように産卵すると死ぬというのではなく、一度産卵してもその後も生き続け、翌年また産卵する。１年に１羽しか残らなくても、親の寿命が１年で限られていないので、同じ親が1年に２回産む場合もあり、寿命がつきて死ぬまでの間に何回も産み、親のおす・めす１組２羽からおす・メス１組２羽が生き残ればよいのである。その少なく産んでギリギリのところで種族維持が可能になっている、もう一つの理由は、卵が大きいことと、卵からかえったヒナが、親鳥によって守られ、育てられているからである。

卵が大きいということは、その中にたくさんの栄養物質がふくまれているということである。シジュウカラに限らず、卵の構造は二重になっている。卵本体は、将来の子となる胚（はい）と、卵黄（らんおう）と呼ばれている、胚が育つための栄養物質である。この二つの部分はからだとして一つであり、めすのからだの卵巣（らんそう）でつくられる。卵にはそのまわりにからがある。卵本体を守る役目をしている。昆虫や鳥類のような陸上動物には、水の消失を防ぐ役目もしている。シジュウカラには、このからの内側の部分に卵白（らんぱく）という栄養価の高い物質がある。これらは、受精卵が輸卵管（ゆらんかん）を通り過ぎる時に、輸卵管の壁から分泌されて卵本体のまわりに付着してできる。このことによって、卵は動かず、えさをとることもしないで、生きていける。運動することによって大量の栄養物質を消費することになるが、そうしたことが卵の生活にはない。卵の生活は成長するということに集中する。卵という単純なからだからヒナという複雑な構造をもって、自立に向けた第１歩を歩み出す、からだに変わるということに集中している。小さい卵では、すぐに孵化して幼虫になり、小さなからだで動き、えさを探して自立した生活をせざるをえない。また、卵やヒナの時に親に守られているとはいっても、親のからだが小さければ、親子もろとも食べられて死んでしまうことになる。シジュウカラは、昆虫に比べて、からだが大きいので、逃げることのできない卵や未熟なヒナでも親に守られて死亡しにくい。しかし、それだけ親の負担が大きい。産卵数が少ないという

のは、ここにも理由がある。

シジュウカラの生存にとって一番の危機は、親から離れて自立したばかりの、若鳥になった時である。この時期は、死亡率がもっとも高い。若く、えさのとり方が未熟な段階で、えさをとるのが難しいからである。

d.アメリカシロヒトリの場合

シジュウカラは、場所によっては、都市の公園や個人の住宅の庭などに来ることがある。伊藤嘉昭さんが林に近い公園で調べたところ、シジュウカラにとって、公園のサクラの木に大繁殖するアメリカシロヒトリというガの幼虫が重要なえさであることがわかった。このガは、モンシロチョウなどと近縁の昆虫で、鱗翅類（りんし）と呼ばれている。名のとおり外来（がいらい）の昆虫である。シジュウカラは食べるほうの動物であり、アメリカシロヒトリは食べられるほうの動物である。そのアメリカシロヒトリも、モンシロチョウと同じように、たくさん卵を産んで、たくさん死ぬ動物ではないかと予想した。卵から始まって、成虫になるまでの生き残り数や死亡数、死亡の原因もモンシロチョウに似ているのではないかと思った。伊藤さんが調べられた結果は、ある木にいたアメリカシロヒトリがそのとおりであることを証明していた。

成長段階	生存数（率）	死亡数（率）	死亡原因
卵	4287(100%)	134(3.1%)	かえらず
かえったばかりの幼虫	4153(96.9%)	746(18.0%)	クモに食べられるなど
幼虫1齢	3407(79.5%)	1104(35.2%)	クモその他に食べられる1093(32.1%) 原因不明の病死 104(3.1%)
2齢	2210(51.4%)	333(15.1%)	クモその他に食べられる322(14.6%) 原因不明の病死 11(0.5%)
3齢	1877(43.8%)	463(24.7%)	クモなどに食べられる
4齢	1414 (33.0%)	1373(97.1%)	シジュウカラに食べられる
・・・			
7齢	41(1.0%)	29(70.7%)	アシナガバチその他に食べられる
さなぎ	9(0.2%)	2(22.2%)	ブランコヤドリバエ寄生
成虫	7(0.16%)*		*一生のうちの死亡数(率)：4280(99.84%)

その林にあった4287粒の卵のうち成虫になったのは７匹で、卵から成虫になるまでの死亡率は99.84％、生き残り率は0.16％であった。4287→７(0.16％) という、生き

残り率から考えると、つぎに産卵ができるおす・めす１組、２匹が生き残るには、1225→２(0.16%)となって、成虫のおす・めす２匹から平均1248粒の卵を産むことになる。死亡原因も、主なものは動物に食べられるということも、モンシロチョウと同じだった。

成長の各段階の死亡数と死亡率、生き残り数と生き残り率、主な死亡原因については、上に示した。毛虫が小さい段階では、クモや小さな昆虫に食べられていたが、大きくなってからアシナガバチや小鳥が食べるようになり、その中にシジュウカラがふくまれていた。

「食う―食われる」の関係からみると、食われる側の死亡数が多く、また敵に食われることが死亡原因として大きいことがわかった。

３．海の動物

a.ブリ

海の動物に、ブリという魚類がいる。さかなとしてはからだが大きく、大きなもので口先から尾の先までの長さが120cm、体重20kgある。そのブリが一度に平均180万粒の卵を産む。北西太平洋(ほくせいたいへいよう)に生息している。通常は、群れをつくり、沖合いの水深100mくらいの中層、底近くを泳いでいる。春から夏にかけては沿岸(えんがん)に沿って北に向かって進み、初冬(しょとう)から春にかけては沖合いに出て南に向かう。このように海の広い範囲(はんい)を泳ぎまわって生活している魚類を、回遊魚(かいゆうぎょ)といっている。イワシのような小さな魚が主なえさであるが、エビなどの甲殻類(こうかくるい)やイカ・タコなどを食べることもある。

ブリは、東シナ海(かい)の南部で２月から３月までの間に、九州に近い海域(かいいき)では４月から５月の間に産卵する。めすが卵を海水中に放出すると、そこへおすが精子をふりかけて受精が成立する。卵の大きさは、直径が1.2mm～1.4mmの小さなもので(それでも、モンシロチョウの卵の大きさに比べると大きい)、ばらばらになって海中を浮遊(ふゆう)する。受精後２日間くらいで幼魚(ようぎょ)になる。幼魚は泳ぐことができるが、水流にさからって進むことはできず、水の流れに流されるままに移動する。こうした動物や、運動しないで流されるままに浮いているものをプランクトンといっている。幼魚は、春から初夏までに体長が2cm～3cmになり、流れ藻(ながれも)に寄りそいながら、小型甲殻類であるコペポーダのなかまを主食として生活するようになる。この段階のブリは稚魚(ちぎょ)といわれている。稚魚はさらに大きくなると、小さなさかなを食べるようになる。

ブリは、食物連鎖図で明らかなように、小型の魚類が主なえさで、イルカやサメ、シャチ、場合によっては大型のイカに食べられるが、卵や幼魚などからだが小さい時期は、小型の魚にも食べられることもある。

夏になると、流れ藻から離れて、沿岸近くで主にイワシなどの小さなさかなを食べるようになる。そして秋になると、沿岸から離れて沖合いを回遊する生活へと転換する。生まれてから1歳になる頃には体長が平均32cm、２歳になると50cm、３歳で65cm、４歳で75cmと成長する。

三重県の水産研究所の報告によれば、中央水産研究所（神奈川県所在）などにより2006年11月2日に、0歳魚10個体に行動を記録する機器を取り付けて、岩手県の大船渡市の沖合いで放流して、その後どの海域を回遊するかを調べた。翌日の11月３日に、1匹が同じ大船渡市の別の場所の沿岸の網にかかった。それから11月９日と10日には、少し南の宮城県女川町の海で２匹が網にかかって捕らえられた。放流後602日経った、2008年６月26日に千葉県南房総市千倉町というところの海に仕掛けてあった網に体重3.6kgになったものがかかった。

一度に180万粒産み出された卵は、成魚になるまでにどれくらいの数が死亡し、どれくらいが生き残るのだろうか。モンシロチョウやシジュウカラ、アメリカシロヒトリで明らかになったこと、それからブリの生活についてわかったことをもとにすると、一つの答えがえられる。それは、180万粒のうち生き残るのは、１か０ではないかということである。その理由は、ブリは成魚になって産卵できるようになり、産卵するとすぐに死ぬのではなく、その後何年も生きのび、毎年卵を産むからである。シジュウカラと同じように、1回の産卵で全部死亡したとしても、その後毎年産卵するから、ブリの寿命がつきて死ぬまでの間に、産卵できるおす・めす1組が生き残ればよいわけである。モンシロチョウやアメリカシロヒトリは、受精して産卵が終われば、おす・めすとも成虫は間もなく死んでしまい、1年のうちに何回も卵を産むということはしない。1度産卵されれば、まちがいなく、親と同数の子が生き残るようにならなければならない。

では、180万粒もの卵が死ぬ要因は何だろうか。成魚になればからだが大きいから、死ににくくなるが、それでもサメやシャチに食べられて死ぬ。また、その前の、卵や幼魚、稚魚のような、からだが小さい段階のものが、ほかのさかなや海洋動物に食べられて多くが死ぬ。

ブリは、食材としてよく知られている。料理法は、幅広く、「ぶり大根」といわれる煮つけが有名であるし、刺身、寿司、たたきなども、多くの人に好まれている。また照り焼き、塩焼きなど焼き魚としても珍重されている。成長にともなって、名前が変わるので、出世魚といわれ、好まれる。ブリが食材として、とくに重視されている関西では、成長していく順に、つばす、はまち、めじろ、ぶりというように呼ばれている。また、関東でも、関西とは時期にずれがあるが、わかし、いなだ、わらさ、めじ

ろ、ぶりというように呼んでいる。また、漁法は、一本釣り、延縄、定置網、刺し網などによって漁獲されている。鹿児島県の薄井漁港、神奈川県の三崎漁港、千葉県の銚子漁港などが、陸揚げ港として知られている。

b.マイワシ

b-1.マイワシの生活

これから主題にする、マイワシは、ブリに食べられる位置にいるが、食材として、また日本の産業にとって欠かせないさかなである。1993年の調査では、全国主要33港でとれた98万トンのマイワシの利用先をみると、食用は、ブリとちがって10％と少なく、半分以上の60％は大型魚の養殖やえさとして利用されている。食用では、小売店で売られる生鮮魚としての消費が３％、かまぼこのような練り製品の材料として使われるのが0.4％、缶詰が1.1％となり、その他の食品加工の材料として使われているのが0.7％となっている。江戸時代には、乾燥したり、発酵させたりしてつくった、干鰯・〆粕が肥料として、米、綿、菜種、みかん、藍などの栽培に利用された。漁法は、地域によってちがうが、かつては千葉県の九十九里海岸の地引網が有名で、２艘の船が網を積んで沖合いに出て、あらかじめ見つけたイワシの群れを包み込むように囲むと、舟は網を引きながら岸に向かって進み、そこで待っていた大勢の人たちに網の引き手を渡して引いてもらい浜に陸揚げする方法で大量につかまえた。豊漁か凶かは、地域の人たちの生活を大きく左右し、幕府の経済にも大きく影響していた。

それでは、ブリに対して食われる側に位置しているイワシの、一度の産卵数はどれくらいだろうか。シジュウカラとモンシロチョウ、アメリカシロヒトリとの関係からみれば、マイワシはブリよりずっと死亡がはげしい魚類だと考えられる。それに対して繁殖力が大きいはずである。そう断言してよいのか、考えてみることにしよう。

マイワシは、生まれてから約1年かかって、体長が15cmをこえ、十分体重が増してくると、11月から12月にかけて産卵することができる。また産卵するところまで成長できなかったものも、冬をこして生まれてから２年経って、体長が18cmくらいになると産卵できるようになる。毎年２月から５月に産卵し、それから５年くらいがマイワシの寿命で、その期間産卵できる。

マイワシの卵からの初期の成長のあとを整理すると、つぎのようになる。

成長段階	生活のしかた	からだなどの特徴（産卵されてからの日数）
卵	漂流、食べない	内部でからだのつくりがどんどん変化していく
前期仔魚	漂流、食べない	さかなの形になっているが、腹部に卵黄が残っている。口が開いていない　（2〜3日）

後期仔魚	浮遊、食べる	眼ができて、卵黄が消え、ひれができて、泳ぐ。えさにとびつきとらえる　（７日後）
稚魚	遊泳、食べる	鱗ができる。泳ぐ。群れをつくるようになる(約3ヵ月後)
幼魚	遊泳、食べる	えらに水と小さなものを選り分ける器官ができる。動物プランクトンのほか植物プランクトンも食べるようになる(約6ヵ月後)
小羽イワシ	遊泳、食べる	大きな群れをつくって、回遊を始める（約9ヵ月後）
中羽イワシ	遊泳、食べる	十分成長したものの中には、繁殖を始める(1年以上後)
大羽イワシ	遊泳、食べる	繁殖を始める（2年後）

卵から２年経って、マイワシの群れは、春から夏にかけて太平洋の日本列島沿岸を南西から北東に向けて流れる暖流(黒潮と呼ばれている)の強い流れに乗って、北海道の釧路の沖から南千島列島沖まで回遊する。北東に移動するしたがって、えさをどんどん食べて成長し、丸々と太っていく。そして秋になって北東から南西に日本列島沿岸を流れる寒流（親潮と呼ばれている）の影響が強くなってくると、北海道、岩手県の三陸沖から南西に向けて移動し、宮城県の金華山沖から塩屋岬沖にかけての海域に集まってくる。この頃は、まだ卵をつくる卵巣も、精子をつくる精巣も十分に発達していない。冬になると、卵巣も精巣も（両方を生殖腺という）急激に発達して、マイワシの集団は、南西に向けて移動しながら、広い範囲に分散していく。そして産卵場所に到着する。卵が生まれる場所は、南は九州の鹿児島県南の沖から千葉県の銚子沖・茨城県南の鹿島灘まで広い範囲である。集中している場所は、その年によってちがう。黒潮の流れる場所が年によってかわるからである。それは、卵がかえって生まれ出てくる子どものえさとなるコペポーダが豊富にいるところといわれている。

マイワシは、孵化して卵から仔魚になるまでに、70％は死亡するといわれている。孵化後10日までに96.5％が死亡するらしい。そして、50日後の稚魚になる前に99.0％が、55日後には99.93％が死亡するようである。ここまでで、生き残り率は0.07％である。モンシロチョウよりは低いが、ブリよりは高い。

では、ブリの産卵数は、180万粒だが、マイワシはどれくらいの数の卵を産むのだろうか。第10学年生（高校１年生）に、この質問をしたところ、ある生徒は1000万粒、ある生徒は5000万粒、中には２兆粒と答えた生徒がいた。この答えは、これまで学んだことから考えれば、理にかなっている。シジュウカラの産卵数が9個に対して、シ

ジュウカラに食べられるアメリカシロヒトリが1225粒を産むのであるから、計算すると、1225÷９×1800000＝244999999粒（約２億４千５００万粒）ということになる。

しかし、これは、マイワシのからだの大きさから考えると、たいへんな誤りであることがわかる。２億５千万粒ということは、マイワシは、卵から産卵可能な成魚になるまでに、からだの大きさが、２億５千万倍以上に成長しないと、親と同じ大きさにはならないことになる。ブリの産卵数が180万粒というのは、卵が180万倍以上に成長しなければ、自分の親と同じ大きさにはなれないということである。マイワシの場合、孵化したばかりの仔魚は体長が2.0ｍｍで、孵化から２～３年経って生殖可能になった成魚は体長が18㎝以上となる（球形をした卵の直径は0.2ｍｍ．ヒトの卵の直径は約0.1ｍｍ）。体長でいえば90倍の大きさになるが、マイワシ専門の研究者であった平本紀久雄さんによると、体重では孵化して生まれたばかりの前期仔魚の50万倍になるそうである。50万倍の成長であれば、マイワシは、50万粒以上は産めないことになる。また、卵巣の大きさは、からだ全体の大きさから比べればはるかに小さい。こう考えると、産卵数が２億５千万粒という考え方は現実味がない。実際の産卵数は、４万粒から10万粒(平均７万粒としておく)である。しかし、それでは、マイワシは種族維持ができないではないか。ブリより死亡がはげしく、産卵数はブリより少ない。

この矛盾（むじゅん）を解決する答えは、事実が示してくれている。それは、マイワシはからだが小さいので、成魚になるまでの期間が短い。かりに生まれた卵がすべて死亡しないとするならば、おす・めす２匹１組が産んだ７万粒の卵は、すべて２年後には成魚になる。それはおす・めす3.5万組であり、それぞれが７万粒を生むのであるから、４年後には、35000×70000＝2450000000粒（24億5000万粒）が生まれる計算になる。これに対して、ブリの場合は３年後にならないと産卵することができない。３年目に180万粒産むことができたとして、つぎの3年目、最初から6年目には1兆6200億(900,000×1800,000＝1,620,000,000,000)となるのに対して、マイワシは、6年目には8兆5700億(1,225,000,000×70,000＝8,570,000,000,000)粒を産むというように考えることができる。

c.コペポーダ（カイアシ類ともいう）

ブリのようなからだの大きい動物は、一度に産む卵の数は多いが、成体になるまでの期間が長く、繁殖数は少ない。それに対して、マイワシのようなからだの小さな動物は、一度に産む卵の数は少ないが、成体になるまでの期間が短いので、繁殖は多い。このようにみれば、マイワシのえさとして食べられる、コペポーダ（体長1㎜、マイワシは体長24㎝）や植物プランクトンは、さらにからだが小さいので、一度に産む数は少なくても、繁殖力は大きいはずである。しかし、からだが小さいだけに、食われる

側になって、死亡もはげしい。そのことによって増える数となくなる数がほぼ同じくらいで、つねにおす・めす２個体1組が残ることになる。

マイワシなどがえさとしているコペポーダという動物は浮遊性で、その大部分はからだの体長が１㎜ほどである。繁殖時期になっておすがめすをかかえると、それぞれのからだから卵と精子が放出されて受精する。生まれる卵の数は、種類によってちがうが、10～20である。これらの受精卵は、すぐに水中に浮遊するのではなく、一時親のからだに付着して守られる。その間に、他の動物の卵と同じように、その内部では細胞の数が増え、からだの構造が変化していき、幼生（ようせい）のからだになった時孵化して水中に泳ぎ出る。しかし、水の流れによって移動する浮遊生活をする。幼生は、ノープリウスと呼ばれるもので、６本の足があり、ブリやマイワシなどの魚類の幼魚、稚魚などのえさとなる。孵化後１～3週間で成体になり、繁殖するようになる。

おす・めす２個体１組から20粒の卵が産み出され、それが２週間後に成体になって、繁殖するようになると仮定するならば、４週間後には10組がそれぞれ20粒の卵を産むことになるから、20×10＝200粒になる。６週間後には、100組がそれぞれ20粒を産み、2000粒(2×10^3)産むことになる。こう計算すれば、２週間ごとに10倍になる。１年は365日で約52週となる。このうち半年は繁殖にかかわらないとして、繁殖期間は26週間と仮定すると、その間に13回産卵することになり、その度に10倍になっていく。このように計算すると、26週後の産卵数は2×10^{13}（20,000,000,000,000＝20兆）となる。マイワシの場合６年間で産めるようになる数よりはるかに多い数の卵が、1年のうちに産めるようになる。

動物プランクトンの中には、コペポーダのえさになる、さらに小さな動物がおり、その中の原生動物には、分裂によって１日ごとに２倍になるものもいる。その動物は、数が1ヶ月で2^{30}になる動物である。2^{30}という数は、２を30回かけた数である。1日で２個体、２日で４個体、３日で８個体、10日で1024個体となる。そして30日で1,073,741,824(約10億)となる。40日後に生まれる数は1兆をこえることになる。

d. シャチ

ブリにとっては、自分を捕らえて食べるシャチは、さらにからだが大きい。シャチは、クジラ類の中のイルカのなかまである。ハクジラ類といい、鋭い大きな歯があって、大型の動物を食べる。ブリなど魚類だけでなく、アザラシなども食べる。クジラも食べる。南極大陸近くの海洋で捕獲されたシャチ26頭の胃の内容物が調べられているが、それによると、46％がミンククジラ、36％がミンククジラとアザラシ、残りの８％がアザラシであったという記録がある。からだの大きさは、体長はおすで9.5m、めすで７m。体重は、おすで５トン（5000kg)、めすで３トンある。めすとその娘、母

親と子どもからなる、めす中心の群れ生活をしている。おすは単独生活である。めすの体重の3000kgというのは、ブリの体重20kgの150倍である。そうだとすると、シャチの産む卵の数は、180万粒の150倍となって、2億7000万粒産むことになる。しかし、シャチは、卵では産まない。胎生である。卵と精子の受精は、めすの体内で行われ、めすの体内で栄養物質や酸素が供給されて育てられる。二酸化炭素や老廃物は、めすのからだが受け取って、自分の老廃物と一緒に体外にすてられる。こうして生まれ出た時にすぐ泳げるところまでからだが育って、生まれるのは１頭だけで、母親たちの群れに守られ、獲物の捕らえ方を学び成長していく。おすであるならば、子ども期をすぎると群れから離れ、めすの子は群れにとどまる。このように、ブリのように小さな卵を産むことによって死亡がはげしいが、たくさんの卵を産むことによって種族を維持するのとはちがって、シャチは、体内で大きくして、すぐ生活できる子を産み、生まれてからも守ることによって種族を維持するようになった。

シャチほどではないが、ブリよりも大きなからだで小さな卵をたくさん産むことによって種族を維持している動物もいる。それはマンボウである。マンボウの場合は、小さな卵が２億以上の数生まれ、長い期間かかって成体になる。その間に２億以上の数の卵や子が死亡しながらも、種族が維持されている。

前に示した食物連鎖図のなかにある動物の中で、シャチだけでなく、サメもヒゲクジラもめすの体内で卵を育て、子になってから産む。だから、これらは、どれも確実に育つ子を少なく産む動物である。大型のイカは卵で産むが、卵を岩などに付着し、防御する膜の中で育ち、食われることから守られているが、それでも死亡ははげしく、マンボウやブリほどではないが、たくさんの卵を産む。

e. サメ

e-1. ホホジロザメ

サメは、軟骨魚（なんこつぎょ）であることと、水中の酸素を吸収して血液にわたす鰓（えら）のはたらきが、鰓ふたの運動によって進められていないことなどから、進化的に原始的であると考えられている。しかし、からだが大きく、すばやく運動するものが多くいて、それらのサメでは、食う側に位置している。食物連鎖図にみられるサメもそうしたものである。スピルバーグ監督がつくり、上映された時には大人気であった、映画『JAWS（ジョーズ）』に登場する「人喰（くい）いザメ」のモデルになったホホジロザメも、他の大型の魚類の捕食者である（ただし「体長8m/体重3000kg」というのは正式には確認されていない。このサメは、野生生物の商業取引についての国際条約である「ワシントン条約」の附属書IIに指定されており、絶滅が心配である。保護が強くされなければならない）。ほかに、イルカやオットセイ、アザラシなどの海産哺乳類を好み、海鳥（うみどり）も捕食（ほしょく）する。クジラの死骸（しがい）を食べるこ

ともある。普段はゆったりと泳いでいるが、瞬間的にかなりのスピードで泳ぐことができ、最高速度は時速25-35km程度と言われる。空腹でない限りは何もおそわず、こちらから危害を加えなければ何もしてこない。

しかし、硬骨魚類(こうこつぎょ)や鯨類(げいるい)は、最高時速が50km以上で泳ぐものがおり、それらを追いかけてとらえるというのは難しい。学習能力に優れていて、獲物をおそう時に過去の経験を生かすといわれている。ホホジロザメの歯は、鋭く大きい。正三角形で、その高さにあたる長さは7.5cmある。縁にはのこぎりのようにギザギザがあり、動物の皮や筋肉を切断するのに適した形になっている。一度に約14kgの肉のかたまりを食いちぎることができるともいわれている。体長は4.0-4.8 m、体重680-1100 kg である。ホホジロザメは、亜熱帯(あねったい)から亜寒帯(あかんたい)まで世界中の海に広く分布しており、日本近海にも生息している。ホホジロザメをおそう敵は、人間やシャチ、他の大型のサメである。

このような、原始的とはいえ、大型ですばやく泳ぎ、食われる側の高い位置にいる大型のサメは、どれくらいの数の卵を産むのだろうか。じつは、大型の動物としては数が少なく、１度に２～15匹である。しかも、卵のまま産み出されるのではなく、卵胎生(らんたいせい)といって、子宮の中で卵から孵化した子になる。母親の体内で、たくさんつくられるほかの未受精卵を食べて育つ。生まれてくる子は、体長が1.2-1.5 m の大きさで、はじめは魚を中心に捕食し、大きくなると大型魚類や海産哺乳類を食べるようになる。

e-2. ジンベエザメ

サメのなかまは、全部がホホジロザメのような大型の動物をおそって食べるわけではない。ジンベエザメという体長が約4.6m、幅が1.5mのサメは、プランクトン食である。大きな口をあけて、水もえさも一緒にのみ込んで、水だけ噴出してえさの小動物を胃の中におくり込む。世界中の熱帯・亜熱帯・温帯の表層海域に広く分布する。動きは緩慢であり、人にとって危険性が少ないサメである。めすは、特定の海域に留まる傾向が見られるといわれるが、おすは広い海域を回遊するといわれている。普通単独で生活し、餌が豊富な海域では集団を形成する。動きはゆっくりで、遊泳速度は通常時速5km程度といわれている。性格はおとなしく、非常に臆病(おくびょう)で、環境の変化に弱い。繁殖についてはあまり分かっていないが、数年に一回の割合で出産するらしい。胎生である。卵の大きさは長径30cm、短径9cmにもなるものがあり、それが、めすの胎内で孵化した後、40cmから60cmに達して出産される。生まれてから約30年で成熟し、60年から70年ほどを生きる。現在、ジンベエザメは、絶滅が心配されていて、ワシントン条約の付属書にもあげられている。数が減った直接の原因は、発展途上国での乱獲(らんかく)によるものである。しかし、本当の原因は、中国や日本の中華料理でフカヒレが好まれていることであり、消費するわれわれ日本人や中国人にもあることを自覚する必要

がある。“買わなければ、殺されない”というのが、野生生物保護の鉄則（てっそく）である。

e-3.サメ類の繁殖

ホホジロザメとジンベエザメは、魚類でありながら胎生（たいせい）である。卵で生まれてくるのではなく、子になってから生まれ出る。しかも、その生まれた子は、生まれるとすぐに泳ぎ出し、えさを捕らえて食べる。ヒトと比べると、ずっと成熟して生まれてくることになる。しかし、この２種のサメの胎生には、ジンベエザメの場合、その胎生がどのようなものであるか、まだわからないからなんともいえないが、ちがいがあるかもしれない。ほかのサメの中には、ホホジロザメの胎生とちがうものがいる。胎児（たいじ）の腹部から細長い管が伸びていて、その先に卵黄が入った袋があり、そこから栄養物質を取り入れて生き、母親の体内で成長するものがいる。また子宮のなかのほかの卵やからを食べて、その栄養物質を自分の胃にたくわえて、それを使いながら生き、成長しているものもいる。アカエイも、サメのなかまだが、子宮の内側が胎児の鰓にからみつき、乳状の栄養物質を渡している。中には、ヒトなど哺乳動物と同じような胎盤を形成して、親の体内で育ち、子が生まれてくるものもいる。それは、母親の子宮の壁と子どもの側の卵黄が入った袋の壁が接近してくっつき、栄養物質が子宮側から胎児側に渡される。この場合、子どもに成長する最初の卵は、卵胎生のように大きくなく、小さい卵で、それが母親の体内でどんどん大きくなりながら、子にむかって変化していく。

サメには、卵で生まれる卵生のものもいる。ほとんどは、卵を水中に放出するのではなく、卵殻（らんかく）という卵を保護する袋の中に入って、その袋が岩などに付着して守られている。また卵生と胎生の中間のようなものもある。受精した卵が母親の体内で、細胞の数をふやし、子どもに向けてからだが変化していく途中で、出産するというものである。

４．大きな動物と小さな動物、その繁殖と死亡

動物の殖え方は、からだの小さい動物と大きな動物ではちがう。小さい動物は、あまり多くの卵を産むことができない。しかし、短期間で成体になり、短い日にちで繁殖できるので、一度の産卵数は少なくても、繁殖力はずっと大きい。これに対して、からだの大きな動物は、一度にたくさんの卵を産めるけれど、成体になって繁殖できるまで長期間が必要なので、繁殖力は劣る。

からだの大きい動物には、親によって卵、子が守られるものが多い。一つは卵のからだを大きくして、栄養物質を多くその中にたくわえるものがある。卵は運動しない

から、たくわえて栄養物質のほとんどは、生きることと成長にまわされる。もう一つは、卵を受精してすぐに産まないで、母親の体内で守るものである。これには、二つの方法がある。一つは、母親が体内に大きな卵をつくり、卵内の栄養物質を利用して、子まで成長して生まれるものである。これは卵胎生といわれている。もう一つは、生まれた卵が小さく、母親のからだから栄養物質をもらいながら成長して、子になってから生まれるものである。これが胎生である。

卵胎生や胎生は、からだの小さな動物でもみられる。いろいろな作物の害虫として知られている、アブラムシは子で生まれる。成虫の体内をみると、小さい子虫から大きな子虫まで成長段階のちがうものがいる。はじめは小さくて眼もできていないもの、つづいて小さいが眼ができたもの、さらにからだに節目ができたもの、大きくなってあしが出ているものなど、成長の進む様子がわかる。アブラムシの場合は、卵胎生ではなく胎生というべきものである。

からだの大きな動物は、成体になると、ほかの動物に食われにくく、死亡しにくい。しかし、小さな卵をたくさん産む動物では、卵や小さい子ども時代の死亡ははげしい。親が子どもを体内で育てたり、生まれたものを養育したりする動物では、卵も子も死亡が少ない。小さな動物は、成体も食われやすく、死亡がはげしい。卵や子どもはさらにはげしく死亡する。からだが小さく、胎生の動物はどうなのだろうか。成体のからだが小さいのだから、死亡ははげしい。その親に守られたとしても、親子ともに食われ、死ぬことになり、死亡ははげしい。しかし、小さい動物どうしを比較した場合には、胎生などの動物のほうは、卵、子の死亡は抑えられることになる。

５．生活のきびしい動物（環境がきびしい場所、食物連鎖の最上位の動物）の繁殖と死亡

5-1.メクラチビゴミムシのような洞穴では、植物が生活できないので、そこに生活する動物は少ない。何よりも食糧がわずかである。コウモリの糞やそれを食べる小動物の死骸や糞などが食べ物となっている。すべて洞穴の外でも生活している動物が運び込んだものを得て生活している。こうした洞穴の環境としての特徴は、食物が少ないだけでなく、自分たちを食べる敵が少ない。したがって食糧が少ないことから、多くの卵あるいは子を産むことができない反面、敵に食べられて死亡するのも少ない。メクラチビゴミムシは、名のとおり小さな昆虫だから、一度の産卵数が少ないだけでなく、早く成虫になってすぐに繁殖するという小動物の特徴が欠けている。長い年月かけて栄養物質を体内に蓄えられたところで卵をつくることができるという生活をしている。洞穴生活だけでなく、環境のきびしいところで生活している動物の繁殖と死亡

は、ほぼこれと共通している。

5-2.これと同じことが、食物連鎖の上位にいる動物にもみられる。クマタカやイヌワシというような肉食性の鳥類は、からだが大きいにもかかわらず産卵数が少なく、また卵から成鳥になるまで長い年月がかかる。それは食物連鎖の上のものほど食われにくいが、また食糧が少ないことから多くの卵・子を産むことができない。下の図は、生産量ピラミッドと呼ばれているもので、植物を食べる植物食動物は、植物が光合成によって合成した栄養物質の中のごく一部（12%くらい）しか得ることができない。またこの植物食動物を食べる動物食動物は、その10%弱の栄養物質しか食べてえることができない。このように、食物連鎖の上のものほどおよそ10分の１の割合で栄養物質を獲得することができない。このようなことから、死亡数が少ないだけでなく、繁殖数も少ない生活を営んでいる。

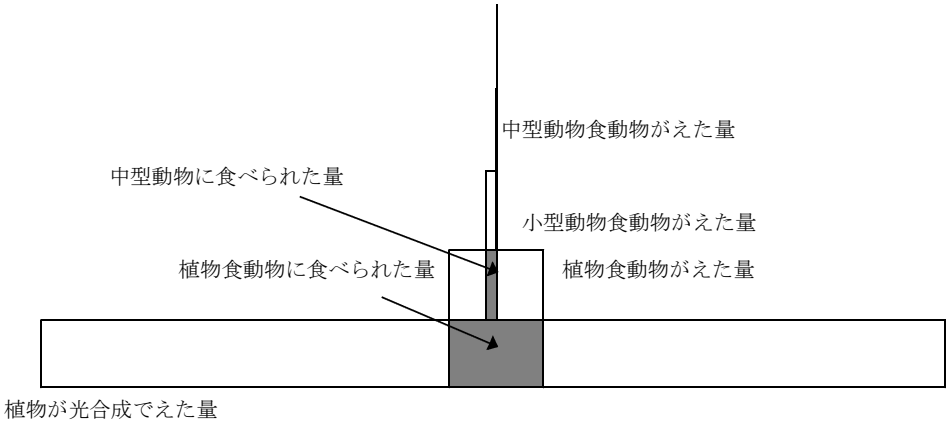


図1　モンシロチョウの原因別死亡数

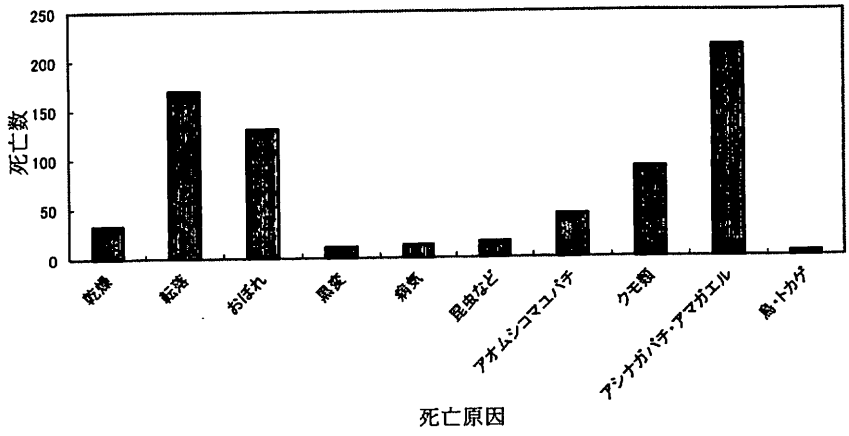
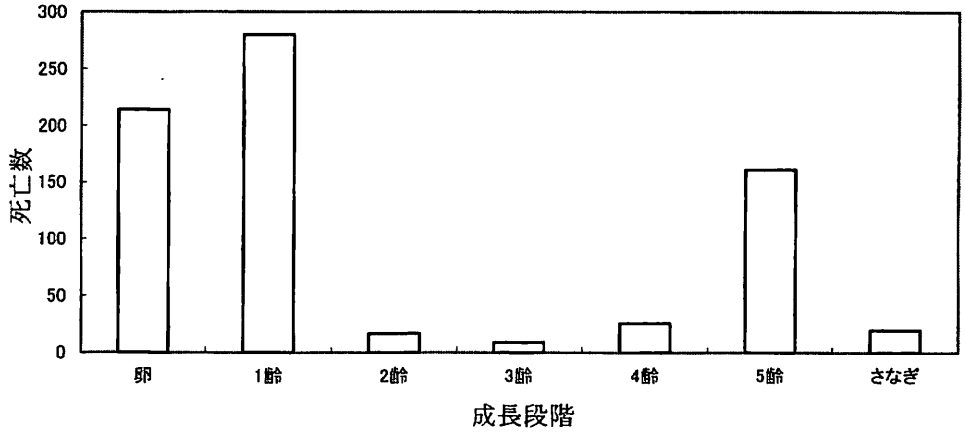
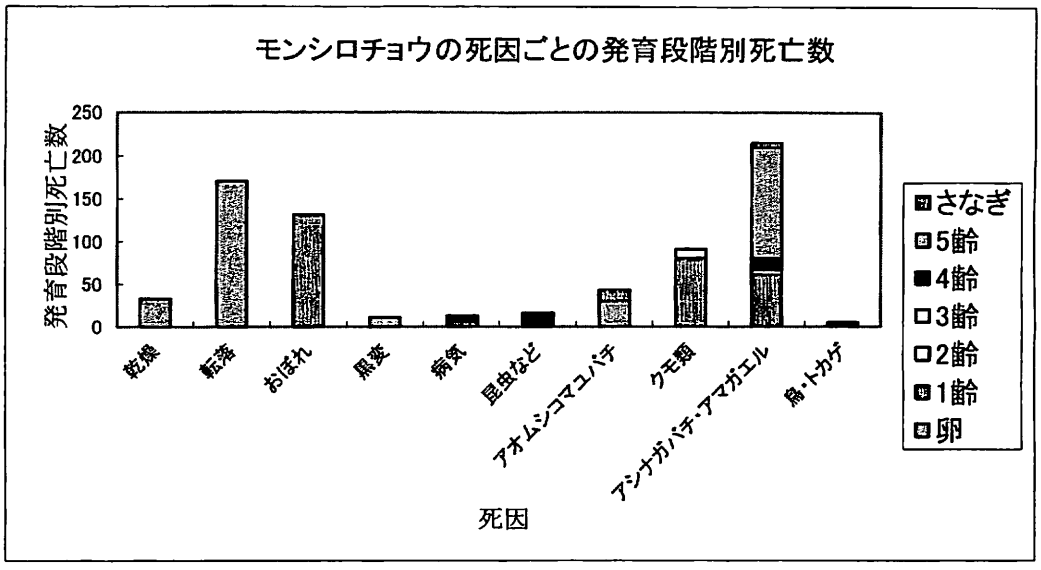
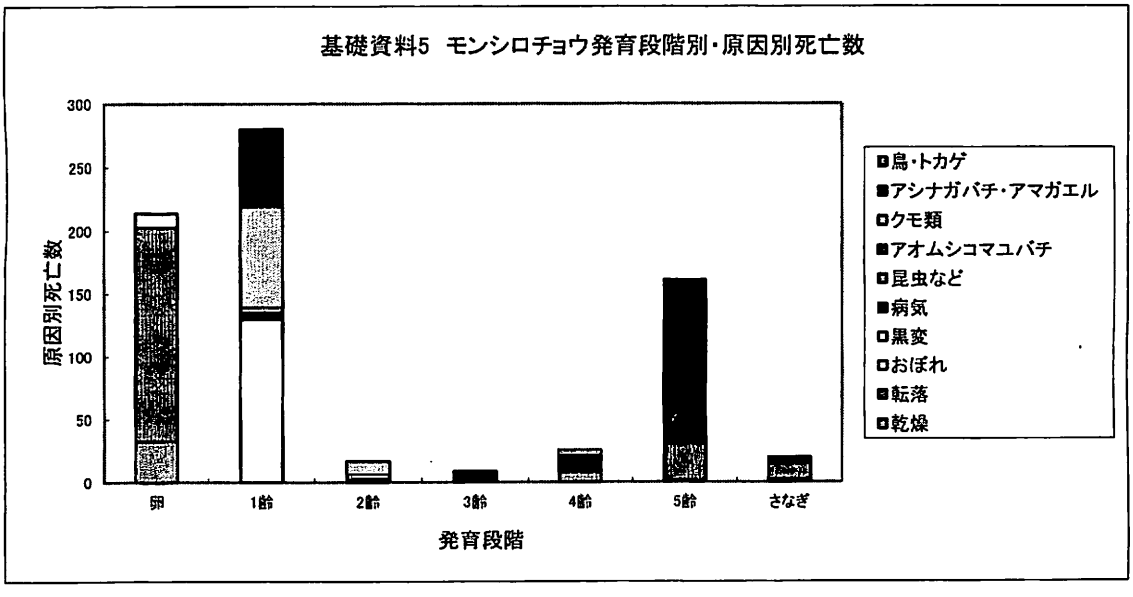
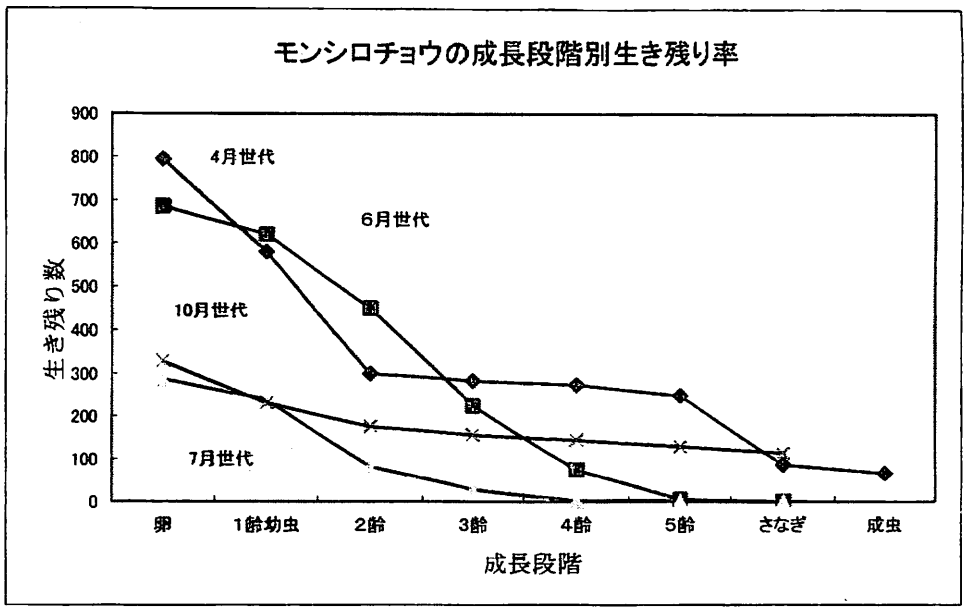


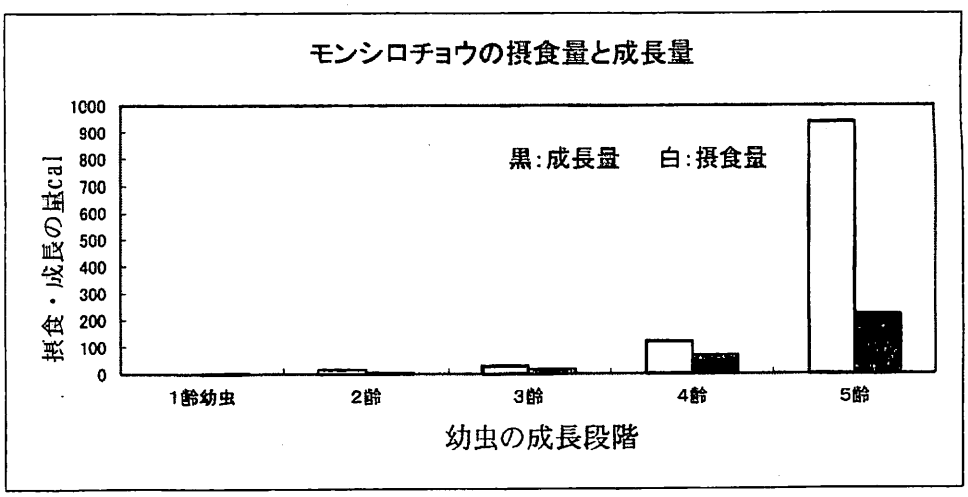
図2　モンシロチョウの成長段階別死亡数

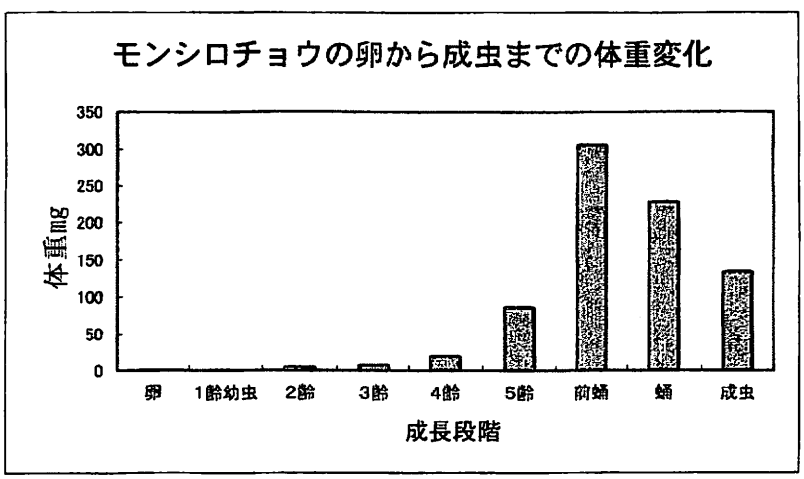



モンシロチョウの死因ごとの発育段階別死亡数
発育段階別死亡数
250
200
150
100
50
0
乾燥
転落
おぼれ
黒変
病気
昆虫など
アオムシコマユバチ
クモ類
アシナガバチ・アマガエル
鳥・トカゲ
死因
さなぎ
5齢
4齢
3齢
2齢
1齢
卵


基礎資料5 モンシロチョウ発育段階別・原因別死亡数
原因別死亡数
300
250
200
150
100
50
0
卵
1齢
2齢
3齢
4齢
5齢
さなぎ
発育段階
鳥・トカゲ
アシナガバチ・アマガエル
クモ類
アオムシコマユバチ
昆虫など
病気
黒変
おぼれ
転落
乾燥


モンシロチョウの成長段階別生き残り率
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
生き残り数
4月世代
6月世代
10月世代
7月世代
卵
1齢幼虫
2齢
3齢
4齢
5齢
さなぎ
成虫
成長段階


モンシロチョウの摂食量と成長量
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
摂食・成長の量cal
黒:成長量　白:摂食量
1齢幼虫
2齢
3齢
4齢
5齢
幼虫の成長段階


モンシロチョウの卵から成虫までの体重変化
350
300
250
200
150
100
50
0
体重mg
卵
1齢幼虫
2齢
3齢
4齢
5齢
前蛹
蛹
成虫
成長段階