

## 中学校理科生物領域における進化概念を取り入れた 実践的授業の構築

Construction of practical science class on conception of biological  
evolution in lower secondary school

西野 秀昭\*

佐竹 晃一\*\*

Hideaki NISHINO

Koichi SATAKE

福岡教育大学理科教育講座\*

福岡教育大学理科教育講座

(現 春日市立春日南中学校)\*\*

(平成24年10月1日受理)

### Abstract

The words, Biological evolution, means the continuous change of living things for a geometrically long time as well as the relativity of all living things along history of earth from the origin. The comprehension of such conception of biological evolution is now essential to lower secondary school students under The Government Course (Curriculum) Guidelines. However, introduction of observation and experiments would be much more difficult in biological evolution class than the others. In this study, seven biological teaching materials are recommended to biological evolution class with ideal teaching plans; 'Animal called Marra *Dolichotis patagonum*', 'If all human beings disappear in this world', 'Sexual and asexual reproduction', 'Evolution of genome size', 'Evolution of the size of brain', 'Evolution clock', and 'Comparison of pill-bug *Armadillidium vulgare* with sand-beach Iospod *Tylos Granulatus*'. Some teaching plans were practiced to University students regarded as lower secondary students to evaluate the effects and to uncover the problems. The resulting revised teaching plans are tabled for free application. However, it is to be resolved that the fruitful practice of the biological evolution class might be dependent on the possible competency of teachers.

### 要 約

生き物の「進化」とは、生物が長い時間をかけて変化していくことであること、現在の多種多様な生き物は地球の歴史とともに変化してきたもので、系統ある類縁関係を示していること、などの理解は、現行の指導要領の下での中学校理科授業では欠かすことのできない内容である。しかし、観察・実験の導入による生徒の学びの支援が難しい内容でもある。そこで、進化の概念を生徒の思考過程で育む目的で、7つの教材を収集・整理し、実践的な授業を行うための指導案を作成した。7つの指導案は、「マールという動物」、「もし地球からヒトがいなくなったら」、「脳の大きさの進化」、「有性生殖と無性生殖」、「ゲノムの大きさと進化」、「進化時計」、「オカダンゴムシとハマダンゴムシ」から構成されている。いくつかの指導案は、模擬授業として大学生を中学校生徒として試行し、その効果を検証するとともに、実際に中学校生徒を対象とした授業へ応用するために克服すべき問題点を明らかにし、改善した指導案を提示した。「進化」についての授業を

行うことは、多くの生き物について興味関心を抱くことになり、考える力や議論をする力を向上させこともできると考えられる。しかし、「進化」の授業では観察・実験を行って結論を出せるものがほとんどないために、授業のまとめ方への工夫が教師の力量にかかっているという課題もある。また、「進化」の授業構成をさらに工夫し、生き物の「進化」という現象を通じて多種多様な生き物への生徒の関心を引出し、生命尊重の考え方へ通じるような教材を探究してゆくことも大きな課題である。

### 1. はじめに

中学校理科において、生き物の「進化」を学ぶことには、長い時間をかけて生物は変化してきたことと、化石となった生き物を含めて地球上に生存してきた多種多様な生命がお互いに関係があることの理解につながり、そのことが生命尊重の考え方へとつながる、思春期の子どもにとって大切な育みとなる役割を持つと考えられる<sup>1)</sup>。また、国際比較によって明らかになった、日本の子どもたちに不足している<sup>2)</sup>、問題に直面した際に考えようとする習慣を養うための大切な教材でもあると考えられる。平成10年改訂の学習指導要領では、「進化」についての記載が削除されたが、平成20年度改訂学習指導要領では「進化」についての内容が再び導入され、「現存の生物及び化石の比較などを基に、現存の生物は過去の生物が変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連付けてとらえること」とされた<sup>1)</sup> (図1)。その際、「進化の証拠とされる事柄や進化の具体例について取り上げること」、「生物にはその生息環境での生活に都合のよい特徴が見られることにも触れること」とされている。生物についてそれまでに学習したことを基に、生物の間のつながりを時間的に見ることを通して進化の概念を身に付けさせることがねらいである。また、現存している生物は、進化によって生じたものであることを生徒に理解させ、生命の歴史の長さを認識させることにより、生命を尊重する態度を育てることが大切である、ともされている。

現在までに、進化の授業や生物教材についての研究がいくつかおこなわれている。カブラハバチを生物進化の教材として用いることの意義の検証が行われている<sup>3)</sup>。進化の証拠として挙げられるもの(形態学的な証拠、発生学的な証拠など)は、いずれも生徒が実際に目にする機会はほとんどなく、そのために、教科書の図やさし絵などが頼りになってしまっていたが、発生学的な証拠を実際に生徒に示すための教材としてカブラハバチが有効という報告であった。また、生態・進化についてのコンピュータソフトを作り、その効果の検証をおこなう報告<sup>4)</sup>もあり、このソフトを使用

すると、実際の世界においては、様々な制限やコントロール不可能な条件が存在するために示すことができない現象も示すことができると報告されていた。主要な進化学説についての生徒の捉え方に関する研究、すなわち4つの進化学説(自然選択説、用不用・獲得形質遺伝説、定向進化説、大突然変異説)に対する中学生、高校生、大学生の反応を調べたものもある<sup>5)</sup>。この研究では自然選択説は学校段階の上昇とともに支持が増加したこと、退化については学校段階における差異は見られず、進化ではないと思っている生徒が多いことなどの報告がなされ、一方、肝心の中学生の進化に関わる概念変換に関する報告もある<sup>6)</sup>。突然変異を意識的に導入した実物モデル Origami bird によるシミュレーション型の生物進化学習も導入されつつある<sup>7)</sup>。また、現在の中学校理科教科書では動物の進化しか扱われていないことから、教育のバランスを考慮して、植物の進化授業に敢えて着目し実践した研究報告もある<sup>8)</sup>。しかし、実際の現生の生物を通じた進化学習の研究やその報告は、未だ途上にあるのが現状である。

これまでの「進化」学習の歴史を見ると(図1)、昭和33年、44年改訂の学習指導要領には「進化」について記載されていたが、昭和52年の指導要領の改訂において「進化」についての記載はなくなってしまった<sup>9)</sup>。しかし、平成元年の学習指導要領において、「進化」についての記載が一時復活した、けれども、再び平成10年改訂の指導要領では、「進化」についての記載がみられなくなっている<sup>9)</sup>。また、教科書においても、指導要領の変化にあわせた内容の変更が見られた。このような指導要領や教科書の改訂によって、「進化」について扱わなくなることは、中学校理科の目標でもある「自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う機会」を減らすだけでなく、生き物は、種族を保ちながら進化していくこと、生き物は多種多様であるが、それらは地球の歴史とともに進化したものであり、系統ある類縁関係を示していることなどを理解させるうえで、負の現象を生じさせていると考えられる。また、経済協力開発機構(OECD)の事務総長は、日本が国際学習到達度調査(PISA)において低

迷を続けていることに対して、「知識を再現する学習ばかり続けていると、労働市場に出たときに必要とされる力が身につかない」という警告を発している<sup>10)</sup>。このことから、日本の生徒の考える力の低下、学習意欲の低下が、危機的状況であることがうかがえる。そして、平成17年の教科書改訂においては、学習指導要領の枠組みにとらわれずに、発展的な内容で「進化」が取り入れられ、平成20年学習指導要領の改訂では進化についての内容が再び導入されるに至った<sup>11)</sup>。このようなことから、本研究ではまず、生徒が「進化」について興味関心を持ちながら、より深い考察をするために有効と考えられる生物教材を探索した。そして、進化概念を取り入れた実践的授業の構築に有効と考えられる生き物や生き物が関連する現象を7つ取りあげ、指導案を作成した。そして、その指導案をもとに大学生を中学生と想定して模擬授業を行い、その後の反省会における質疑応答を参考にして、指導案を広く利用されることを念頭に、再構築するとともに、課題を明確にした。

## 2. 研究方法

本研究では、進化概念を取り入れた実践的授業に用いられそうな生き物や生物学的現象をいくつか取り上げ、それを授業のどの部分に組み込むかを考え指導案を作成した。その内容は模擬授業によって実践的に行い、その授業の反省会における質疑応答や感じたことを参考に、その後新たに指導案を改善し、今後の課題について考察した。改善した指導案とともに、「マーラという動物」と「進化時計」のみ、学習プリントを添付した。ただし、まとめは、生徒からの発言と教師による誘導にも依存するので、教師が授業の中でまとめることも想定し、ここでは敢えて記述していない。以下に取り上げる生物教材と指導観を記す。

授業での生物教材の写真などは、様々なホームページや独立行政法人科学技術振興機構の理科ねっとわーく (<http://www.rikanet.jst.go.jp>)、各種の図鑑のものなどを使用した。例えば、ウサギとネズミを区別するための特徴として、門歯(ヒトでは切歯)がウサギは2対が重なって4本の写真、ネズミは1対2本である写真などである<sup>11)</sup>。マーラの門歯は1対2本である。一般的なイメージのウサギやネズミ、キリン、カンガルー、サイなどの写真もインターネットのものを利用した。下記のマーラについては、珍しい動物であるが、動物公園で写真を撮ることもできたので学

習プリントに添付している(福岡市・海ノ中道海浜公園・動物の森にて撮影)。学習プリントのマーラの写真は、ウサギに見えるポーズを撮影したもののだが、インターネットでも参照できる<sup>12)</sup>。

### 《マーラという動物》

この生物教材は、齧歯類であるにも関わらず、腰を地面におろして座っている様子は、耳が若干長めでもあり、まるでウサギである(学習プリント)。マーラという一般名の他、生息地に因んで、「パタゴニアウサギ」とも呼ばれている。進化の学習の中でも動物の多様性の成因についての授業に使えようと考えられる。

#### 本時の指導観：

前時までに生徒は、背骨のある動物を仲間分けする方法、脊椎動物の子の生まれ方、育て方、生む場所、体温の保ち方、呼吸の仕方などについて学習している。

本時では、動物の進化について自分の考えを持つことができることがねらいである。まず、マーラは何の動物の仲間か確認させる。ここでは、前回の復習をしたあとに、よく知られている動物の写真を黒板に貼ったあとにマーラの写真を見せどの動物のなかまか考えさせる。そして、ネズミのなかまであることを告げたあとに、ネズミなのに他の動物と思った理由は何か発表させる。次に、ネズミとウサギの区別をする体のつくりを考えさせる。ここでは、ネズミとウサギの特徴について考えさせる。そして、頭蓋骨の写真や模型を見せ切歯に着目させる。さらに、マーラがウサギにそっくりな理由を考えさせる。ここでは、マーラはなぜウサギのようなからだのつくりを持つのか考えさせる。最後に、マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。ここでは、マーラのいる地域とウサギのいる地域の絵をみせその特徴に気づかせる。そして、マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。

### 《もしヒトが地球からいなくなったら》

もし全人類が突然地球からいなくなったらどうなるだろうか、という空想は誰もが一度は抱くであろう。進化はなぜ起こるのか考えさせるために、もし人類が消えたら地球の生物たちはどうなるのか、というアラン・ワイズマンの説と記事(ニューヨークでは2日後には地下水くみ上げポンプが停止し地下鉄は完全に水没し、7日後には原子炉の水冷システムが正常に作動なくなり、火災や炉心溶融がおこる。など)<sup>13)</sup>、ヒビの

写真<sup>14)</sup>とヒヒがヒトの代わりとして最も有力だといわれていること、ヒトがいなくなると有利になったり不利になったりする動物がいることなどの教材をまとめて指導案を作成した。前述の「マールという動物」の後に進化について議論する授業として行うこともできると考えられる。

#### 本時の指導観：

本時では、進化が起こる原因について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためにも、ヒトに代わる動物は何か考えさせる。ここでは、ある日突然、人類はみんな火星に引っ越してしまい、そのあとに人類に取って代わる動物は何かと発問する。次に、地球からヒトがいなくなったらどうなるか考えさせる。ここでは、ヒヒが有力なことを告げ、ヒトが地球からいなくなったら地球はどうなっていくのか考えさせる。そして、ニューヨークのマンハッタンを例に説明する。さらに、生物にどのような変化をもたらすか考えさせる。ここでは、ヒトがいなくなると生存に有利な生物と不利な生物について考えさせる。そして、班でまとめて発表させる。最後に、進化はなぜ起こるのか考えさせる。ここでは、不利な動物は絶滅するだけなのかと問いかける。そして、もしかしたらある種の動物は進化することによって生き残るかもしれないことに気づかせ、進化の起こる原因について考えさせる。

#### 《有性生殖と無性生殖》

有性生殖と無性生殖を学習した発展として、いずれの生殖方法が生物にとって有利なのか、資料を基に議論する。

#### 本時の指導観：

本時では、有性生殖が環境に適応できやすい理由について考えることと、なぜ無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか、自分の考えを持つことが主なねらいである。そのためにも、有性生殖と無性生殖どちらの種が多く存在しているか考えさせる。ここでは、有性生殖と無性生殖の特徴についての復習をする。世界にはどちらが多く生息しているかの考えを、理由とともに発表させる。次に、有性生殖が新しい環境に適用できやすいのはなぜか考えさせる。ここでは、いくつか意見を聞いた後に、突然変異遺伝子が集団内に広まっていく様子<sup>15)</sup>のグラフを見せ、有性生殖の有利性について考えさせる。さらに、ヤマトヒメミミズ<sup>16)</sup>が富栄養下で有性生殖を行い、栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考えさせる。ここでは、ヤマトヒメミミズ・ミズクラゲ<sup>17)</sup>

を見せ、これらはどうやって殖えるかと問いかける。そして、どちらも行えることを告げ、ヤマトヒメミミズが富栄養下で有性生殖を行い栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考えさせる。最後に、なぜ無性生殖を行う動物がいなくなるといいのか考えさせる。ここでは、このように、様々な生殖法があるがなぜ、無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか考えさせる。

#### 《進化時計》

分子進化時計とは、DNAなどの配列置換（変異）が、環境とは無関係にある時間で一定の割合で起こるとすれば、その置換数によって生物種の近縁関係、つまり分岐がいつ起こったのかを推定することができるものである。進化時計を生徒に知ってもらうために、1年に短縮した地球と生物の歴史（化石による）のカレンダー<sup>18)</sup>、シトクロムCの変化を表す図<sup>19)</sup>、1個のアミノ酸に変異が出現する（別のアミノ酸になる）のに要する平均時間がシトクロムCでは21百万年<sup>20)</sup>であることなど、進化時計の実践的な活用法なども教材として用いる。違ったアミノ酸個数は、欠失挿入部分を避け、ヒトを基準にアミノ末端から10番目から111番目までで計算する。

#### 本時の指導観：

本時では、進化時計を利用すること、進化時計について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためにも、地球と生物の歴史について考えさせる。ここでは、1年に短縮した地球と生物の歴史（化石による）を見せ、生徒と会話形式で説明していく。次に、進化時計について学習する。ここでは、生き物の進化を時間になおして見ていくことを告げ、進化時計とは何か説明する。そして、進化時計の問題点に触れ、分子生物学の発達とシトクロムCがこの問題点に対応できることを説明する。さらに、生物の多様化してきた時代を計算させる。ここでは、シトクロムCというタンパク質を参考に生物の分化したのはいつごろか計算させる。最後に、進化時計の良い点と悪い点を考えさせる。ここでは、他のタンパク質で調べたところ多少違った結果<sup>21)</sup>が出たことを告げ、進化時計の良い点と悪い点について考えさせる。

#### 《脳の大きさの進化》

高等な動物ほど脳が大きく形も複雑であるといわれている。脳の大きさの進化について授業を行うために、ヒトや他の動物の脳の写真<sup>22)</sup>、ヒトやモルモットのような、一部の霊長類がつくること

のでできないアスコルビン酸（ビタミンC）<sup>23)</sup>を、他の動物は作ることができるということ、アスコルビン酸をつくるにはグルコース（ブドウ糖）が必要なこと、グルコースは脳の唯一のエネルギー源であること、ヒトや他の動物の脳の重さの教材<sup>24)</sup>を集めた。

#### 本時の指導観：

本時では、脳の大きさの進化について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためにも、本時のめあてを確認させる。ここでは、2枚の脳の写真を見せ、ヒツジとヒトの脳をあてさせることによって興味関心を高める。次に、アスコルビン酸の体内でのはたらきについて確認させる。ここでは、脳の大きさではヒトが進化しているがヒツジはヒトのつくれないアスコルビン酸がつけられることを告げる。そして、アスコルビン酸はビタミンCであることを確認し、これが体内で不足するとどうなるか考えさせる。さらに、なぜヒトはアスコルビン酸を作れないのか考えさせる。ここでは、ヒトにとって必要不可欠なビタミンCをなぜ自分でつくることができないのか考えさせる。そして、答えが出ないときには「ビタミンCをつくるにはグルコースが使われるんだよ」と助言する。最後に、脳の大きさの進化について考えさせる。ここでは、グルコースをなぜためる必要があるのか考えさせる。そして、ヒトの脳の大きさが進化した原因について考えさせる。

#### 《ゲノムの大きさの進化》

「進化」は生き物の持っている遺伝情報の変化をとともなって進行している、そして一般的に生物はより「進化」したもののほどゲノムの大きさが大きくなるといわれている。しかし、いくつか例外も存在する<sup>25)</sup>。そこでゲノムの大きさの進化についての授業を行おうと考えた。そのために、DNAの模型図<sup>26)</sup>や生物種別のDNA量との関係の表<sup>25)</sup>、そして、DNA量がヒトの40倍あるハイギョの写真<sup>27)</sup>である。これらの教材を集め、指導案にまとめた。

#### 本時の指導観：

本時では、ゲノムの大きさの進化について考えることができることをねらいである。まず、めあてを確認させる。ここでは、前回の復習をしたあとに、DNAの模型をみせ、生徒の興味・関心を高める。そして、DNAはからだを作る設計図のようなものであることを告げ、めあてを確認させる。次に生物の構造とDNAの関係について考えさせる。ここでは、設計図が少し違ったら生まれ

てくる子はどうなるか考えさせる。そして、今までは、DNAの質についての変化についてやってきたが、次は量について考えていくことを告げ、DNA量の4階級の図をみせ、いくつかの生物を分けさせる。さらに、例外を持つ動物について確認させる。ここでは、ハイギョの写真を見せ、原始的な形態を持つにもかかわらず、ヒトの40倍のDNAを持っていることを告げ、なぜか考えさせる。最後に、DNA量が生物の進化に与える影響について、何種類かの生物で考えさせる。

#### 《オカダンゴムシとハマダンゴムシ》

ダンゴムシには陸の多少乾燥した地域でも生息できるオカダンゴムシと海辺に生息しているハマダンゴムシがいる。この2種は住む場所以外の特徴はほとんど一致する。この2種のダンゴムシを使って、進化について考えさせる指導案を作成した。写真は、インターネットのものを活用した<sup>28)</sup>。

#### 本時の指導観：

本時では、ダンゴムシの進化について自分の考えを持つこと、ダンゴムシが住む場所を変えた理由を考えることが主なねらいである。そのためにも、ダンゴムシの住む場所を見た目から考えさせる。ここでは、オカダンゴムシとハマダンゴムシを見せ、それぞれどのような場所に住んでいるのかなと問いかける。次に、2種類のダンゴムシのからだのつくりを確認させる。ここでは、それぞれのダンゴムシのスケッチを描かせる。そして、足や触覚の数、大きさ、2匹の違いなどに着目するように助言する。さらに、ダンゴムシの進化について考えさせる。ここでは、このダンゴムシはどちらのほうが進化しているか考えさせ、小グループで議論させる。最後に、進化の方向がオカダンゴムシとして、なぜダンゴムシは陸へ上がってきたのか考えさせる。ここでは、ダンゴムシはなぜ住む場所を変えたのか考えさせる。

### 3. 結果

各教材について指導案を構築し、模擬授業を行い、反省会を行った。その結果、より工夫をすることによって、さらに生徒の興味関心を高め、考えようという意欲を芽生えさせる授業ができるのではないかと考えた。そこで、授業を実践してみても感じた問題点や反省会でのコメントを参考に生徒の視点にたった工夫を導入し、指導案を改訂した。ここには反省会で出たコメントと学習プリン

トの記述例を記し、後ろに改訂後の指導案をのせ、考察で今後の課題を述べた。○は肯定的意見、●は改善を促す建設的意見を示す。

### 《マーラという動物》

#### コメント：

- 友達と意見交換をする機会が多くてよかった。
- 動物について知りたくなった
- 授業の流れが切れ切れになってしまっていた。
- マーラは何の動物のなかまか考えさせるときに、「哺乳類の中でも」という言葉をつけくわえる。
- 違う動物が違う理由をしっかりと納得させては去っていくほうが良い。(カンガルーは有袋類、サイには硬い皮膚と角があるなど)
- 切歯(せし)に着目させるときに、切歯とはなにかという説明を加えたほうが良い。
- 特徴を言うだけだと同じ特徴も出てしまうので、違いを言わせてほうが良い。
- マーラがウサギのなかまかネズミのなかまか区別するために骨格まで焦点をしばっていった理由が伝わってこなかった。(ウサギとネズミは種が近いため、見た目では区別が難しいことを告げ、ナキウサギなど耳の短いウサギの写真を見せる)
- まとめのない授業の終わり方をもう少し考えるべき(君たちがたくさん考えを公表してくれたように、多くの学者たちも多くの意見を出して考えているところでまだ確かなことはわかっていないんだ、将来、君たちが学者になって答えをみちびきだしてくれる事を期待しています)
- 黒板が写真で色鮮やかになった。しかし、写真が少し小さかったかもしれない。

### 《もしヒトが地球からいなくなったら》

#### コメント：

- 2の身の回りのものはどうなっていくかという発問は、何年後何年後と言ってあげるだけでも考えやすい。
- 情報が多くてかなり想像しやすかった。
- アタマジラミ、1トンのネズミの説明が面白かった。
- 1と2の発問は入れ替えたほうがつながったのではないのか。(全体から細部へ)
- イメージがしづらかった。目を閉じて想像してみてください、みんなの想像力がとわれますよ、のような声かけが必要。また、絵のある2の間

題を先に持ってきたほうが良いのではないか。

- 理由を言わせるなら、最初に理由も聞きますよというように言っとくべき。
- 話し方が淡々としていてつまらない。切羽詰っているように言ったり、強弱をつけたり、演技が必要。
- マンハッタンがこうなっているから、宗像はどうなっている?というように身近なものに関連させながら説明していくと良かった。
- クモ、昆虫、絵、授業の中身を関連させる。
- 有利不利な動物については、まとまりで書くのか具体的に書くのか説明しておく。
- 有利不利どちらにもあてはまるという意見が出たときの対処法は?
- 進化の定義をしっかりとっておかないと、進化という言葉を出せないのでは?
- 3の問題はヒトがいなくなったらとつけくわえたほうが良い。
- 3の問題はヒトにかかわる生物を考えていこうとつけくわえたほうが良い。
- 3の問題はいくつか例を挙げておかないと無限に答えが出るよ。
- 資料はパワーポイントで写したほうがでかくて見やすい。
- 資料は必要な部分だけ取り出し、補足の部分は授業のあとで配ったりする。
- 進化はなぜおこるのか具体的なものを出すとか。
- 答えがあることならそれは教えてあげる必要があるが、答えがあきらかでない内容に関しては、先生の意見などは言わずにぼやかしておくことも必要。
- わからないことがあるということ、知らない世界があることを気づかせてあげられる授業。

#### 学習プリント記述例：

- ◎ヒトの代わりになる動物はなんだろうか?
- ◆チンパンジー(パン君は人と同じことができるから)、(先生に似ているから)
- ◆ライオン(強いから)
- ◆イルカ(知能が発達しているから)
- ◆サル(ヒトに似てる、ヌーも牛に似ている)
- ◆クモ(本で見た)
- ◎地球からヒトがいなくなっていったら身の回りのものはどうなっていくだろうか?
- ◆木でできた家とか、土に変わるものは、土にかえるけど土にもどらないものはそのままいたんでいく。

- ◆人間に保護されている生き物は絶滅する。
- ◆自然破壊の進行が遅くなる。
- ◆緑や海がきれいになる。
- ◆弱肉強食の傾向が強くなる。
- ◆建物にヒビみたいなサルが住み着く。
- ◆危険物が漏れ出す。
- ◆自然は自然のままになる。(手が加えられないから)
- ◆大学は草に覆われる。
- ◆家はこわれ森林になる。

◎生存に有利な生き物・不利な生き物

有利：ウシ、ブタ、ニワトリ、昆虫、オオカミ、クジラ、サメ、ゴキブリ、カブトガニなど

不利：イヌ、ネコ、インコ、アタマジラミ、ネズミ、ジャイアントパンダなど

◎生き物はなぜ進化するのだろうか？

- ◆よりよく生きるため。
- ◆種、子孫を残すため。
- ◆生き残るための本能。
- ◆環境にあった体になるため。

《有性生殖と無性生殖》

コメント：

- 無性生殖はなぜなくなるのかについての違った角度からの回答として、「原核生物は核膜を持たないため変異原にさらされやすい→だから突然変異が起こりやすくなっている→そのため、無性生殖は成り立つ。」
- 終わり方が良かった。だまされた感じがしなかった。「いろいろな意見が出て感動した」などの言葉が良かった。
- 流れは良かった。
- 板書の工夫を。
- カタツムリは雌雄同体だから使えるのでは？
- この図を使うことでわかりにくくなるのでは？有性生殖のしくみについてやればよい。
- 時間配分が失敗した。5分オーバーだった。問い3が少し長かった。考える時間は考えさせる授業なのであまり削れないため他の部分でテンポ良く。
- 考える間のとり方、
- 考えた後に、まわりの人と相談させるときの言葉は「」で。
- メンデルについては習っているか。また、突然変異については知っているのか。わかりやすい言葉に変えたほうが良いのでは。
- 有性生殖の有利性を示すグラフは具体的な例で

示したほうがいい。例えば耐えられる温度の変化や新しい血液型とか。

- ミミズの有性生殖のしかた、無性生殖のしかたを説明することで考える幅が広がるし、生徒の興味関心も高まると思う。
- 有性生殖が多いことを板書（カラーチョーク）することによって、問い2へのつながりが明白になる。また、あとで黒板を見直すときに見やすい。
- 水生の動物を扱うため、雑巾が欲しかった。

学習プリントの記述例：

◎世界には有性生殖と無性生殖どちらの種類が多いだろうか？

- ◆有性生殖のほうが多そうに思えるが、実は無性生殖が多そう。
- ◆無性生殖だとオスとメスがいなくても子孫がくれるから。
- ◆普段目にする生き物は、ほとんどが有性生殖だから。
- ◆有性生殖は親とは違う子が生まれるから、新しい環境に対応できる。
- ◆無性生殖は発見されていないものもいっぱいいるから。

◎有性生殖が新しい環境に適応しやすいのはなぜだろうか？

- ◆オスとメス違う個体から新個体（子）ができるから、お互いの足りないものを補った子が生まれるから。
- ◆新しい環境に有利な遺伝子を持った子孫を残すことができるから。
- ◆不適応な遺伝子はなくなっていくから。
- ◆無性生殖と比べて時間がかからないから。
- ◆いろんな遺伝子を持っていて、複雑になっていて応用力（適応能力）がありそう。
- ◆良いところが伸ばしあえる。

◎ヤマトヒメミミズはなぜ有性生殖を栄養が多いときにおこなうのだろうか？

- ◆相手を探すのにエネルギーがすごく必要だから。
- ◆新個体のための栄養。
- ◎無性生殖がなくなるのはなぜか。
- ◆相手を探す手間がはぶけるから。
- ◆有性生殖と比べると殖えやすいから。
- ◆1個体でも殖えられる。
- ◆栄養が少なくても大丈夫。
- ◆核膜がないため変異が起こりやすい（原核細胞）。

## 《脳の大きさの進化》

## コメント

- ネズミとヒトではなく、チンパンジーやサルの脳を比較させたほうが良い。
- グルコースの説明でしっかり糖という。
- 方向性が違ってしまったときの修正ができていなかった。
- 自分の中でまとまっていればいいから、最後の意見は一つにまとめようとしなくていい。それぞれの意見について考えさせる程度（次は考えたくないと思わせない工夫）。
- 3のアスコルビン酸についてやったことをふまえて4を考えさせる。
- 答えを前に書かせるのは良い、書かせ方の工夫が必要。（縦に書かせるのみんないっせいに書けるなど）。
- 進化の概念的に少しずれた意見も温かく受け入れられる。（考えることが大切。自分の考えと他の人の意見を比較するのも大切。）
- 先生はこう思う、しかしこのことに関してはまだ解明できていないことなので、将来誰かが証明してくれることを期待していますという終わり方。
- 相談をさせるタイミングや言い方をもっと工夫。
- プリント集めて一人ひとりの考えにコメントを書いてあげる。

## 学習プリントでの記述例：

- ◎ヒトの脳の大きさが進化した原因について考えよう。
- ◆道具を使い、言葉をしゃべるようになったから。
- ◆感情を持つようになったから。
- ◆特異的な武器を持たないため、頭を使い考えて知恵を用いることによって生き延びてきたから。
- ◆脳は考えるほど、使うほど大きくなる。
- ◎なぜヒトはアスコルビン酸（ビタミンC）をつくれないのだろうか？
- ◆アスコルビン酸をつくる機能がないから。
- ◆アスコルビン酸は簡単に手に入るから。
- ◆多量に必要ではないから。
- ◆糖のほうが重要だから。
- ◎脳の進化のしくみについて考えよう。
- ◆ヒトには武器がない→道具を使って生き延びよう→頭で考える→グルコースが大量に必要→アスコルビン酸を作らない→グルコースを使う場所を大きくしよう→脳が進化

- ◆アスコルビン酸が簡単に手に入るようになった。→物質Aを作らなくなった→グルコースがアスコルビン酸にならなくなり、からだの中にたまる。→グルコースは脳で使われるものなのでグルコースがたくさん使えるから脳が大きくなった。
- ◆コミュニケーションが取れない→取りたい→しゃべろう→共通語→覚える→しゃべる→コミュニケーション取れる。
- ◆生肉食べられない→焼こう→火は危ない→安全に使いたい→道具を使う→肉を焼く→生肉食べられる。

## 《進化時計》

## コメント：

- 何のカレンダーか聞かずに、プリントには書いていないほうが、生徒が真剣にカレンダーを眺めると思う。
- ゼブラフィッシュと哺乳類の比較ではなくゼブラフィッシュと両生類、は虫類のほうが分岐点少なくてわかりやすいのでは。
- シトクロムCは呼吸に使うため多くの生き物が持つ。ヘモグロビンはある程度高等な動物しか持たない。
- どこから数えて4.1億年前か基準を明確に説明したほうがわかりやすい。
- 地球はいつ滅びるのか気になった。一年の終わりには地球が滅亡するのかと思った。
- ところどころ間を表すのか前をあらわすのかわからないところがある。
- 時代の新しい写真を先に貼るなど統一させる。
- 色々な数字、単位がでて混乱。
- 1本の線で考えてしまうので系統樹のようなものを見せたほうが良い。前回の授業とかとのつながりを持たせる。
- シトクロムCとヘモグロビンのアミノ酸の総数の違いも書いたほうが良い。
- 最後の問題をMYに換算してしまった。
- 化石などの科学的な調査とあっているのはシトクロムCのほうである。ヘモグロビンは $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ などがあってあまりに多様化しているため使っていないのかは問題点が多い。
- しかし、ヘモグロビンのほうが教科書に載っている。
- ヒトとシロイヌナズナの写真はアミノ酸の説明の時点で出しておいたほうが良い。
- MYがピンとこない。420MYは4億2千万年前です、など言い換えてやるといい。

- ムギ、イネ、ヒマワリは身近でいいと思った。しかしクラミドモナスはあまり知らない生き物なので、写真はもちろんのこと大きさについても話すことによって、こんなにも違うということが説明できる。
- 25MYは今回、すべての計算で使う重要なものなので、もっと強調（枠で囲む、色を変えるなど。）
- 分岐した年代を求めることを進化時計というのか？1メモリを25MYで進む時計と考えたらいい？
- カレンダーが何をもとに作られたか説明したほうが良い。
- 授業で伝えたいことがあまり伝わってこなかった。
- 文明が誕生したのは1年に直したカレンダーで見るとちょうど紅白が始まる時間だね、などの小ネタをはさむなどして興味関心を高める。
- タンパク質、アミノ酸など見たことがないので身近なものに思えない。話はわかるが簡単に説明しすぎではないか。

学習プリントの記述例：

- ◎進化時計を使って感じたこと。
- ◆アミノ酸の違いによって進化の歴史を読み取ることができるのに驚いた。
- ◆タンパク質のアミノ酸配列の違いから動物や植物がいつ分岐したのかわかるのでびっくりしました。
- ◆計算の仕方は意外に簡単だなと思いました。
- ◆シトクロムCだけではなくて、他に共通するタンパク質などでも同じような結果になるのかやってみよう。
- ◆タンパク質のアミノ酸の違いによって、生き物の歴史がわかることに驚いた。
- ◆地球の終わりはどうやってわかるのか疑問に感じた。
- ◆難しかった。人類が出現したのが12月31日20時だったことに驚いた。

《ゲノムの大きさの進化》

コメント：

- 高等、下等という言葉がややこしい。知能が高等という意味にとらえてしまう。
- 動物だけでも難しいのに植物も入ってきたらかなりややこしいのでは？
- 教えるほうの知識不足。内容が難しすぎるのでは。

- DNAの質の変化の内容をするときに有性無性の内容を用いるとややこしくなるので、ただ私とあなたのDNAが違うよねというだけで質の違いはわかるのでは？
- 生殖の例を用いることにやって、3の問いで子がどうなるのか考えてしまうかのうせいがあがる。
- 3番までで一般的な内容（DNAの質の変化、量の変化について）、4番で例外がでてくるが、定義があるから例外に驚くものなので、今回の授業は発展の上に発展が乗っている感じがする。
- 今までの学習とのつながりをもっと持たせる（みなさん、細胞の中には何があったっけ、核があったね、では核の中には何があったかな？そうそう染色体…のようにつなげていく）
- 量が増えるのはどうやって増えるのか。想像ができない。
- DNAは絵とは違う、もっとつながっているし、ぼんやりとしたもののような気がする。DNAの実物を見せてもいいと思った。
- グラフが何でこのような形をしているのか説明がいていいのでは？
- 何を考えさせたいのかももう少し明確になったほうが良い。わかっていないことを考えさせようとしていることはわかるが。
- 出てきてほしい答えが出ないということは聞き方が悪い？
- なぜ、ハイギョの40分の1しかDNAをもたないのに人はこんなにも賢いのか考えさせてもいいね。
- 主眼と4番の問題は主旨が違うのでは？
- ねらいがあやふやだから終わった後にあやふやになる？
- 答えはわかっていないけれどみんなはどう思う？のように先にわかっていないことだと告げたほうが主眼を達成したかがわかるのではないか。
- 1つの内容について何人かの人に授業を考えさせる方法も良いかもしれない。

学習プリントにおける記述例：

- ◎DNA量が多くなると生物にはどのような変化が起こるだろうか？
- ◆体のつくりが複雑になる。
- ◆からだをつくるしくみが混乱する。（手が増える、ミスが増える）
- ◆多種多様な生き物ができる。（設計図が増える）

から)

- ◆多くても下等な動物はいる。
- ◎なぜ肺魚はヒトの40倍の量のDNAを持つのだろうか？
- ◆肺魚は実際にはたらくDNAは少なく、はたらかないDNAを余計に持っているため。
- ◆何度も同じような配列の繰り返しが多い。
- ◆肺魚は実は高等な動物で、ただ今、現しきれていないだけ。
- ◆今後、化けて高等になっていく可能性を持っている。(潜在能力)
- ◆夏眠をするのでヒトより賢いから。
- ◆生き残るために進化した(考えた)。

#### 4. 考察

進化について、生徒に考察させるための授業をつくるために、何種類かの教材をインターネットや科学雑誌など様々な文献から集めた。その結果いくつかの授業「マールという動物」、「もし地球からヒトがいなくなったら」、「脳の大きさの進化」、「有性生殖と無性生殖」、「ゲノムの大きさとの進化」、「進化時計」、「オカダンゴムシとハマダンゴムシ」の指導案を作成し、この中からいくつかの授業を実際に行い、実践的な内容に近づけることができたと考える。今回の研究では、進化の授業を通して、世界には多種多様な生物が生息していること、生物の多様性と環境との関係について考え、議論することができること、なぜ様々な生殖法があるのか、また有性生殖がなぜ反映しているのかなどの少し難しめの問題についても考え、議論しあう機会をもったこと、進化の起こるしくみについて考えること、進化時計という初めてあつかうものについても、その利点やよくない部分について考えることもおこなった。その中でも、進化についての授業を行うことは、様々な動物について扱うということもあり、生徒が多くの生き物について興味関心を抱くようになること、また、進化についての現象についてじっくりと考え、その考えを回りの友達と議論しあうことによって、まだわかっていないことについて考える力や、他人とのコミュニケーションの能力を格段に上げることができる。進化の授業にはこういった利点があるが、今回の研究を通して進化についての授業を行うことはとても難しいことであるということも実感した。それは、難しい言葉や初めて聞くような内容が含まれていたり、関係資料が少なく本当に正しい答えなのかかわりにくい部分

があることによって、授業の終わり方、または、まとめ方が難しいと感じた。また、進化の授業については、Origami birdのようなシミュレーションなどはあるが、観察・実験を行って結論をだすということのできるものの方が少ない。そのため、授業のまとめにこれが正しいという結論を出すことができないので、授業の終わり方を工夫しなければならないこと、内容が難しすぎることで、講義形式の授業になってしまうため、生徒が興味を持たなくなってしまうこともある。そして、進化の授業は考えさせることが主体になるので、発問にかなりの力を注がなくては、生徒に伝わらないことや、特に考えなくても答えを出されてしまう、また答えを結局教師が言ってしまうという危険性がある。今回の中学校学習指導要領の改訂においては、進化の内容が再び記載されることになった。そのため、今後このような進化の授業に対するマイナスの部分の補い、さらに進化の授業に対して工夫を加えていき、生徒が興味を持つような教材を探していかなければならない。

各教材について指導案を構築し実際に模擬授業を行い、反省会を行った。さらに生徒の興味関心を高め、考えようという意欲を芽生えさせる授業にするために、自分で感じた反省点や指摘があった問題点、コメントを参考に生徒の視点にたった工夫を導入し指導案を改善した。

今回の研究結果から、「進化」の授業では、多種多様な生き物について扱うため、生き物の生活や住む環境について興味を持ち、生き物について知りたいと思う心が育つと考えられる。また、「進化」の授業には難しい言葉や初めて聴く内容が多く含まれるため、生徒に深い考察力や話し合いの力を身につけさせることができると考えられる。しかし、「進化」に関する教材はまだ、他の教材に比べ数が少なく、実践例なども少ないのが現状である。今後の課題は、今回のような研究を積極的に行なうことによって、さらに生徒の興味関心を高め、考えようという意欲を芽生えさせることのできる教材を探しだし、まだ発展途上である「進化」の教材を発展させていくことだと考える。そして、実際に教育現場で実践していくことによって、より実践的な内容にしていきたいと考える。

今回の研究結果から、「進化」の授業では、世界にいる多種多様な生き物について扱うため、生き物の生活や住む環境について興味を持ち、生き物に対する尊敬の心や世界にどのような生き物が生息しているのか知りたいという気持ちが芽生えたと考えられる。また、「進化」の授業には答え

がパッと出てくる内容ばかりではなく、難しい言葉や初めて聴く内容などが多く含まれている。これらによって、生徒に深い考察力を身につけさせ、さらに、そのわからない内容については自分の意見と他人の意見を比べながら、実際に議論をし、より良い答えを導きださせる、そうすることによって、自分の意見を持つことができ、他人の意見も尊重しようという気持ちが芽生えたと考えられる。

今、社会で問題になっている日本人の学力低下は「知識を再現するばかりの学習」が主体になっていることによって、結果があやふやな現象や複雑に見える現象についてじっくりと考える習慣が身につけていないことなどが原因であると考えられる。また、会議などにおいて自分の意見を言えぬ人や、他人の意見をまったく聞こうとせず自分の意見ばかり押し通すという人が増加していることによって、まったく意味のない話し合いになってしまうということが頻繁に起こっている。

このような危機的状況の中で、学習指導要領の改訂によって、「進化」という内容は「発展的」ではなく「通常」の授業の中に組み込まれることになった。そこで、いままでは「正しい答え」を導かせるだけの授業にとらわれていたが、「進化」の授業を通して、授業の中で生徒たちが問題となる現象に向き合い、じっくりと考え、生徒どうしで意見をぶつけあい、正しい答えにたどりつくかはわからないが、さらに深い考察ができるという、これまではあまり主体的におこなわれなかったような形態の授業を行っていくことが重要になると考えられる。そのためには、今後、今回のような生物進化の教材研究を多くの人が行い、さらに良い教材を探しだし、まだ発展途上である「進化」の教材を発展させていき、かつ実際に教育現場で実践して効果を検討していくことが求められている。

## 5. 参考文献

- 1) 文部科学省:中学校学習指導要領解説理科編, 平成 20 年 9 月
- 2) 国立教育政策研究所, 国際研究・協力部: OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA), <http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/index.html>
- 3) 武藤篤・北野日出男: 進化に関する教材開発: カブラハバチ *Athalia rosae ruficornis*

- (Jakovlev) の胚子発生を材料として, 生物教育, 28 (3・4), pp190-193, 1988
- 4) 金子正純・長洲南海男, 生物教育, 高校生物における生態・進化に関するコンピュータソフト教材の開発, 個体群の変動と自然選択説を中心として, 第 35 巻, 1995 年, pp101-102.
  - 5) 福井友紀・鶴岡義彦: 主要な進化学説についての生徒の捉え方に関する研究 — 4 つの進化学説に対する中学生・高校生・大学生の反応 —, 理科教育学研究, 第 42 巻, 1 号, 2001 年, pp1-12
  - 6) 森本信也他, 理科教育学研究, 理科授業における学習者の科学概念変換に関する — 中学生の進化に関わる概念変換を事例にして —, 第 47 巻, 2 号, 2006 年, pp51-64.
  - 7) Westerling, K.  
: <http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/origami.html>, 1992 (2012.9.25に最終アクセス)  
Towle, A.: Modern Biology, p296, Halt, Rinehart and Winston, 1999.
  - 8) 正本安心・西野秀昭: 中学校理科における植物を中心とした生物進化授業の展開～生命尊重の意識を育む理科教育を目指して～, 福岡教育大学紀要, 60, 43-54, 2011
  - 9) 中学校学習指導要領理科編, 昭和 33 年, 昭和 44 年, 昭和 52 年, 平成元年, 平成 10 年, 平成 20 年の各改訂版, 文部省, または文部科学省
  - 10) 朝日新聞, 2008 年 1 月 7 日記事. 「アポロ 13 号に教育を学ぶ」
  - 11) ウサギは門歯 2 対が重なっていて 4 本  
<http://www.geocities.jp/tusu6/honenutoria.htm>, 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス  
ネズミは門歯 1 対 2 本  
<http://www.geocities.jp/tusu6/honenousagi.htm>, 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
  - 12) ウィキペディアフリー百科事典, マーラ (動物), 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
  - 13) 日系サイエンス, アラン・ワイズマンに聞く —もし人類が消えたら地球は?—, 2007 年 11 月号, pp96-102
  - 14) ウィキペディアフリー百科事典, マントヒヒ, 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
  - 15) 嶋田正和 (東大・広域システム): 有性生殖と性をめぐる進化, スライド 7 枚目の「Fisher-Muller 効果」の図 (2 個体に独立に

- 起こった好適な突然変異を、組換えによって同一個体に取り込む),  
<http://dolphin.c.u-tokyo.ac.jp/~shimada/jyugyo/seitai-shinka-gaku/shinka3.pdf>  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 16) 北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻系統進化学講座Ⅲヤマトヒメミミズ研究グループ,  
[http://www.sci.hokudai.ac.jp/~st/shinka3/mimizu/mimizu\\_Welcome.html](http://www.sci.hokudai.ac.jp/~st/shinka3/mimizu/mimizu_Welcome.html)  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 17) ミズクラゲの生態と一生,  
[http://www.geocities.jp/rpshb933/new\\_page\\_42.html](http://www.geocities.jp/rpshb933/new_page_42.html)  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 18) 地球カレンダー Calendar of the earth,  
<http://homepage3.nifty.com/kuebiko/biology/jyosyo/calendar/img002.gif>  
 (平成 24 年 9 月 29 日最終アクセス)
- 19) 啓林館, 動物の分類と系統,  
[http://www.keirinkan.com/kori/kori\\_biology/kori\\_biology\\_2/contents/bi-2/3-bu/3-1-3.htm](http://www.keirinkan.com/kori/kori_biology/kori_biology_2/contents/bi-2/3-bu/3-1-3.htm)  
 (平成 24 年 9 月 29 日最終アクセス)
- 20) 分子進化 DNA の塩基配列や, タンパク質のアミノ酸配列に関する進化。  
[http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textgene/genebio\\_8.htm](http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textgene/genebio_8.htm)  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 21) 八杉貞雄, 生物教育, グロビン遺伝子の構造と発現: タンパク質の分子進化研究の一例, 第 27 巻, 3・4 号, 1987 年, pp159-162.
- 22) ウィキペディアフリー百科事典, 脳, 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
- 23) ビタミン C の真実 (生合成経路の図あり)  
<http://www.vit-c.jp/vitaminc/vc-02.html>  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 24) 人類の発展一言語のもたらしたもの—  
<http://www2.ttcn.ne.jp/kazumatsu/sub301.htm>
- 25) ウィキペディアフリー百科事典, ゲノム, ゲノムサイズの例 (表), 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
- 26) DNA の模型図, [http://www.jpma.or.jp/medicine/genome/general/souyaku/souyaku\\_06.html](http://www.jpma.or.jp/medicine/genome/general/souyaku/souyaku_06.html)  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)
- 27) ウィキペディアフリー百科事典, ハイギョ,  
 平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス
- 28) ウィキペディアフリー百科事典, ダンゴムシ,  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)  
 日本野生生物研究所 奥山英治, 今日の生き物, ハマダンゴムシ,  
<http://nihonyaseiseibutuken.blog123.fc2.com/blog-entry-451.html>  
 (平成 24 年 9 月 28 日最終アクセス)

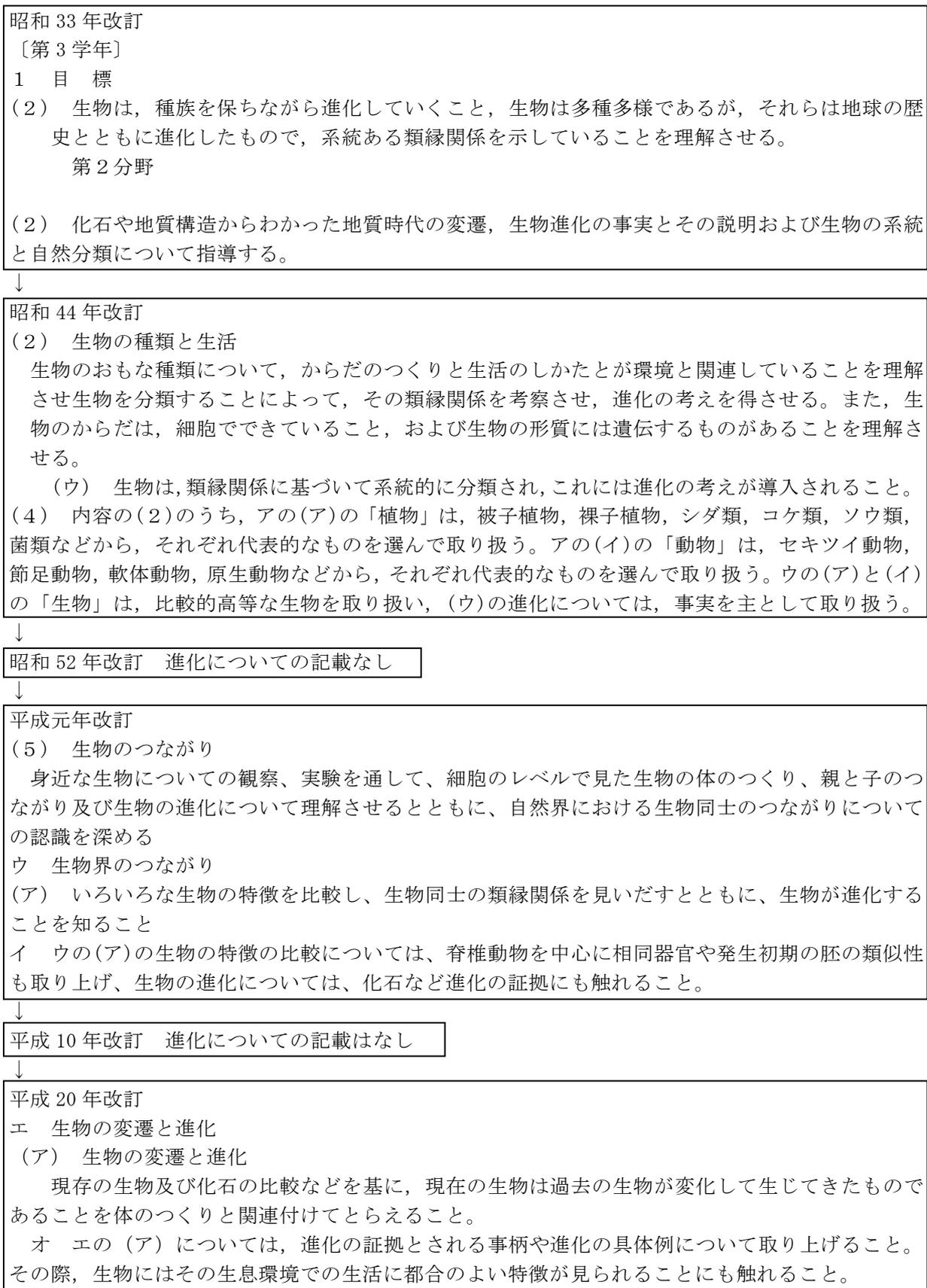


図 1 中学校学習指導要領における「進化」の取り扱いの変遷

## マーラという動物（改訂後の指導案）

### (1) 本時の指導観

前時までに生徒は、背骨のある動物をなかまわけする方法、脊椎動物の子の生まれ方、育て方、生む場所、体温の保ち方、呼吸の仕方、動物をなかまわけする方法について学習している。

本時では、動物の進化について自分の考えを持つことができることがねらいである。まず、マーラは何の動物の仲間か確認する。ここでは、前回の復習をしたあとに、マーラは何類かを考えさせ、よく知られているほ乳類の写真を黒板に貼ったあとに、ほ乳類の中で分類上最も近い動物はどれかを考えさせる。そして、自分が仲間と思う動物に手を挙げさせたあとに、他の動物が違うと思った理由を説明させながら違う動物をはいでいき、最後にウサギとネズミを残す。次に、ネズミとウサギの区別をする体のつくりを考えさせる。ここでは、ネズミとウサギの違いについて考えさせる。そして、見た目では分類できないことに気づかせ、切歯の写真を見せ違いに気づかせる。さらに、マーラがウサギにそっくりな理由を考えさせる。ここでは、マーラはなぜウサギのようなからだのつくりを持つのか考えさせる。最後に、マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。ここでは、マーラのいる地域とウサギのいる地域の絵をみせその特徴に気づかせる。そして、マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。

### (2) 主眼

○動物の進化について自分の考えを持つことができる。

### (3) 準備

①動物の写真 ②学習プリント ③ナキウサギの写真 ④ウサギとネズミの切歯の写真 ⑤マーラとウサギの生息地域の絵

### (4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1. マーラは何の動物の仲間か考える。 ウサギ、ネズミ、カンガルー めあて： マーラはネズミの仲間なのになぜ、 ウサギのような姿なのか考えよう	①②	○前回の復習をしたあとに、マーラは何類かを考えさせ、よく知られているほ乳類の写真を黒板に貼ったあとに、ほ乳類の中で分類上最も近い動物はどれかを考えさせる。 ○自分が仲間と思う動物に手を挙げさせたあとに、他の動物が違うと思った理由を説明させながら違う動物をはいでいき、最後にウサギとネズミを残す。	一斉	10分
2. ネズミとウサギの区別をする体のつくりを考える。	③	○ネズミとウサギの違いについて考えさせる。 ○見た目では分類できないことに気づかせ、切歯の写真を見せ違いに気づかせる。 ○マーラはなぜウサギのようなからだのつくりを持つのか考えさせる。	一斉	15分
3. マーラがウサギにそっくりな理由を考える。	④	◇マーラがウサギにそっくりな理由を考えることができる。(プリント分析) ○マーラのいる地域とウサギのいる地域の絵をみせその特徴に気づかせる。 ○マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。	班	15分
4. マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考える。	⑤	○マーラとウサギが同じ地域に存在しない理由を考えさせる。	一斉	10分
まとめ				

学習プリント：動物の分類 ( )月( )日  
2年( )組( )番(名前: )

1. マーラに最も近い動物は何だろうか？



(福岡市・海の中道海浜公園・動物の森にて撮影, 平成24年9月23日)

めあて

2. ( )


3. ( )

--

4. ( )

--

## もし地球から人がいなくなったら（改訂後の指導案）

## 本時

## (1) 本時の指導観

本時では、進化が起こる原因について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためにまず、地球からヒトがいなくなったら身の回りのものはどうなるか考えさせる。ここでは、ある日突然、人類はみんな火星に引っ越ししてしまいったという情景を想像させ、ヒトが地球からいなくなったら身の回りのものはどうなっていくのか考えさせる。そして、5, 50, 100, 500年後にはどんな変化が起こるか助言する。そして、ニューヨークのマンハッタンの例を紹介し、生徒が住む地域と関連させる。次に、ヒトの変わりになる動物は何か考えさせる。ここでは、ヒトがいなくなった後に、人類に取って代わる動物は何かと発問する。そして、ウシの代わりになるのはヌーであることを説明する。さらに、ヒトにかかわる生き物にどのような変化をもたらすか考えさせる。ここでは、ヒトがいなくなって生存に有利な生物と不利な生物について考えさせる。そして、例として鳥類やネコは有利であり、アタマジラミやネズミは不利であることを告げる。最後に、進化はなぜ起こるのか考えさせる。ここでは、不利な動物は絶滅するだけなのかと問いかける。そして、もしかしたらある種の動物は進化することによって生き残るかもしれないことに気づかせ、進化の起こる原因について考えさせる。

## (2) 主眼

○進化が起こる原因について自分の考えを持つことができる

## (3) 準備

①学習プリント ②動物の写真 ③ニューヨークマンハッタンの写真

## (4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1, 地球からヒトがいなくなったら身の回りのものはどうなるか考えよう。 を、めあてとする。  ・環境問題が和らぐ ・文明が途絶える ・動物界の秩序が乱れる	① ②③	○ある日突然、人類はみんな火星に引っ越ししてしまいったという情景を想像させ、ヒトが地球からいなくなったら身の回りのものはどうなっていくのか考えさせる。 ○5, 50, 100, 500年後にはどんな変化が起こるか助言する。 ○ニューヨークのマンハッタンの例を紹介し、生徒が住む地域と関連させる。 ○ヒトがいなくなった後に、人類に取って代わる動物は何かと発問する。 ○ウシの代わりになるのはヌーであることを説明する。	一斉	20分
2, ヒトの変わりになる動物は何か考える。  チンパンジー サル ヒヒ		○ヒトがいなくなって生存に有利な生き物と不利な生き物について考えさせる。 ○例として鳥類やネコは有利であり、アタマジラミやネズミは不利であることを告げる。	一斉	15分
3, ヒトにかかわる生き物にどのような変化をもたらすか考える。 有利  肉食獣 鳥類 不利  ネズミ 保護動物		○不利な生き物は絶滅するだけなのかと問いかける。	一斉	15分
4, 進化はなぜ起こるのか考える。  まとめ		○ある種の動物は進化することによって生き残るかもしれないことに気づかせ、進化の起こる原因について考えさせる。 ◇進化が起こる原因について自分の考えを持つことができる。(プリント分析)	一斉	10分

有性生殖と無性生殖（改訂後の指導案）

本 時

(1) 本時の指導観

本時では、有性生殖が環境に適応できやすい理由について考えることとなぜ無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか自分の考えを持つことがおこなねらいである。そのためにまず、有性生殖と無性生殖どちらの種が多く存在しているか考えさせる。ここでは、有性生殖と無性生殖の特徴についての復習をする。そして、世界にはどちらが多く生息しているか考えさせ、理由とともに発表させる。次に、有性生殖が新しい環境に適用できやすいのはなぜか考えさせる。ここでは、いくつか意見を聞いた後に、突然変異遺伝子が集団内に広まっていく様子のグラフを見せ、有性生殖の有利性について考えさせる。さらに、ヤマトヒメミズが富栄養下で有性生殖を行い、栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考えさせる。ここでは、ヤマトヒメミズ・ミズクラゲを見せこれらはどうやって殖えるかと問いかける。そして、どちらも行えることを告げ、ヤマトヒメミズが富栄養下で有性生殖を行い栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考えさせる。最後に、なぜ無性生殖を行う動物がいなくならないのか考えさせる。ここでは、このように、様々な生殖法があるがなぜ、無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか考えさせる。

(2) 主 眼

- 有性生殖が環境に適応できやすい理由について考えることができる。
- なぜ無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか自分の考えを持つことができる。

(3) 準 備

- ①学習プリント ②グラフ ③ミズクラゲ ④ヤマトヒメミズ

(4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1. めあて：有性生殖と無性生殖どちらの種が多く存在しているか考えよう。 〈予想回答〉 ・有性生殖 ・親とは違った子が生まれるから。 ・環境の変化に強いから。 ・無性生殖 ・子孫が作りやすく簡単に殖えるから。 ・発見されていないものもいっぱいそう	①	○有性生殖と無性生殖の特徴についての復習をする。 ○世界にはどちらの種が多く生息しているか考えさせ、理由とともに発表させる。	一斉	10分
2. 有性生殖が新しい環境に適応できやすいのはなぜか考える。 〈予想回答〉 ・父と母から有利な遺伝子を早くそろえることができるから。	②	○いくつか意見を聞いた後に、突然変異遺伝子が集団内に広まっていく様子のグラフを見せ、それをきっかけに有性生殖が自然選択に有利な突然変異遺伝子を組み込む上での有利性について考えさせる。 ◇グラフから、有性生殖が環境に適応できやすい理由を考えることができる。〈プリント分析〉 ○ヤマトヒメミズ・ミズクラゲを見せこれらはどうやって殖えるかと問いかける。	一斉	15分
3. ヤマトヒメミズが富栄養下で有性生殖を行い栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考える。 〈有性生殖〉 ・有性生殖を行うには栄養が必要だから。 ・有性生殖にはコストがかかるから。 〈無性生殖〉 ・8個にわかれるからエサを見つけやすい。	③④	○どちらも行うことを告げ、ヤマトヒメミズが富栄養下で有性生殖を行い栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか考えさせる。 ◇ヤマトヒメミズが富栄養下で有性生殖を行い栄養のないときに無性生殖を行うのはなぜか自分の考えを持つことができる。〈プリント分析〉 ○このように、様々な生殖法があるがなぜ、無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか考えさせる。	一斉	15分
4. なぜ無性生殖を行う動物がいなくならないのか考える。 ・無性生殖に適した環境があるから。 ・質より量で勝負している。 まとめ		◇なぜ無性生殖を行う動物がいなくなることはないのか自分の考えを持つことができる。〈プリント分析〉	一斉	10分

## 脳の大きさと進化（改訂後の指導案）

## 本時

## (1) 本時の指導観

本時では、脳の大きさの進化について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためにまず、本時のめあてを確認させる。ここでは、2枚の脳の写真を見せ、ヒツジとヒトの脳をあてさせることによって興味関心を高め、めあてを確認させる。次に、なぜ人の脳は大きくなったのか考えさせる。ここでは、サルからヒトへ進化したという説があることを告げ、なぜ人の脳は大きくなったのか考えさせる。さらに、なぜヒトはアスコルビン酸を作れないのか考えさせる。ここでは、脳の大きさではヒトが進化しているがヒツジはヒトのつくれないアスコルビン酸がつくれることを告げ、アスコルビン酸が体内で重要な栄養素であることを確認させる。そして、ヒトにとって必要不可欠なアスコルビン酸をなぜ自分でつくり出すことができないのか考えさせる。最後に、脳の大きさの進化のしくみについて考えさせる。ここでは、ヒトの脳の大きさが進化したしくみについて考えさせる。そして、「今日習ったことを取り入れてみよう」と助言する。そして、3人のヒトに黒板に書いて説明させる。

## (2) 主眼

- 脳の大きさの進化について自分の考えを持つことができる。

## (3) 準備

- ①サルとヒトの脳の写真 ②学習プリント

## (4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1, めあてを確認する。 脳の大きさと進化の関係について考えよう。	①②	○2枚の脳の写真を見せ、サルとヒトの脳の違いを見せることによって興味関心を高め、めあてを確認させる。	一斉	5分
2, なぜ人の脳は大きくなったのか考える。 ・ 二足歩行になったから。 ・ 物を持つようになったから。 ・ 野に降りたから。 ・ 考えるから		○サルからヒトへ進化したという説があることを告げ、なぜ人の脳は大きくなったのか考えさせる。 ○「サルとヒトの違いは何か」と助言する。	一斉	15分
3, なぜヒトはアスコルビン酸を作れないのか考える。 ・ 簡単に手に入るから。 ・ 酵素がない ・ グルコースをためるため		○脳の大きさではヒトが進化しているがヒツジはヒトのつくれないアスコルビン酸がつくれることを告げる。 ○アスコルビン酸が体内で重要な栄養素であることを確認させる。 ○ヒトにとって必要不可欠なアスコルビン酸をなぜ自分でつくり出すことができないのか考えさせる。 ○脳の大きさの進化のしくみについて考えさせる。 ○「今日習ったことを取り入れてみよう」と助言する。	一斉	10分
4, 脳の大きさの進化のしくみについて考えさせる。		○3人のヒトに黒板に書いて説明させる。 ◇脳の大きさの進化のしくみについて自分の考えを持つことができたか。 (プリント分析)	一斉	20分
まとめ				

進化時計（改訂後の指導案）

本 時

(1) 本時の指導観

本時では、進化時計を利用すること、進化時計について自分の考えを持つことをねらいとする。そのためまず、本時のめあてを確認させる。ここでは、地球と生物の歴史を一年にまとめたカレンダーを見せ、このカレンダーが何をあらわしているのか問いかけ、考えさせることによって生徒の興味関心を高める。そして、地球と生き物の歴史を違った視点で見ていくことを告げ、進化時計を用いることを告げる。次に、進化時計について学習させる。ここでは、進化時計について、系統樹などを用いて説明する。さらに、生物の多様化してきた時代を計算させる。ここでは、ほとんどの生き物が持つシトクロームCというタンパク質を参考に、生き物の分化したのはいつごろか計算させる。そして、1塩基違うのに2千5百万年かかることを確認し、それをもとに共通の祖先から分岐した年代を考えさせ、カレンダーとほぼ一致することに気づかせる。最後に、進化時計の良い点と悪い点を考えさせる。ここでは、進化時計を使って感じたことを考えさせる。そして、他のたんぱく質（ヘモグロビン）では違う値になることを告げ、進化時計を使う上でより正確な時代を調べるには何をすることが必要か問いかける。

(2) 主 眼

- 進化時計を利用することができる。
- 進化時計について自分の考えを持つことができる。

(3) 準 備

- ①学習プリント ②1年に短縮した地球と生物のカレンダー ③生き物の写真 ④系統樹

(4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1, 本時のめあてを確認する。 進化時計でできることを考えよう。	①②	○地球と生物の歴史を一年にまとめたカレンダーを見せ、このカレンダーが何をあらわしているのか問いかけ、考えさせることによって生徒の興味関心を高める。 ○地球と生き物の歴史を違った視点で見ていくことを告げ、進化時計を用いることを告げる。 ○進化時計について、系統樹などを用いて説明する。		5
2, 進化時計について学習する。	③④	○ほとんどの生き物が持つシトクロームCというタンパク質を参考に、生き物の分化したのはいつごろか計算させる。 ○アミノ酸1個変化するのに25百万年かかることを確認し、それをもとに共通の祖先から分岐した年代を考えさせ、カレンダーとほぼ一致することに気づかせる。 ◇進化時計を用いて生物の分化した時代を求めることができる。 〈プリント分析〉		10
3, 生物の多様化してきた時代を計算する。				20
4, 進化時計の良い点と悪い点を考える。 ・アミノ酸の違いによって生物の歴史がわかることに驚いた。 ・他のタンパク質でも同じことが言えるのか。 まとめ		○進化時計を使って感じたことを考えさせる。 ○他のたんぱく質（ヘモグロビン）では違う値になることを告げ、進化時計を使う上でより正確な時代を調べるには何をすることが必要か問いかける。 ◇進化時計について自分の考えを持つことができる。〈プリント分析〉		10

## 進化時計 学習プリント

年 組 番 名前:

1, めあて

--

2, 進化時計とは

--

3, 進化時計を実際に使ってみよう

《進化時計を計算するための情報》

- ・タンパク質のアミノ酸が変わるには2100万年必要
- ・シトクロムCというタンパク質のアミン酸の違い（個数）

ヒトを基準とする

チンパンジー 0個,

ゼブラフィッシュ（魚） 16個

クラミドモナス（原始的な植物の仲間） 49個

- ・化石からの情報

ヒトとチンパンジーは200万年前にわかれた

動物が陸に上がったのは4億1000万年前

植物の祖先が誕生したのは12億年から10億年前

〔シトクロムCの情報から進化時計を計算〕

ヒトとチンパンジーは、（ ）万年以内にわかれた。

魚は、（ ）万年前に現れた。

植物の仲間は、（ ）万年前に現れた。

しかし、ヘモグロビンでは？

4, \_\_\_\_\_

まとめ:

--

ゲノムの大きさと進化（改訂後の指導案）

本 時

(1) 本時の指導観

本時では、DNAの変化と生き物の進化の関係について自分の考えを持つことができることがねらいである。まず、めあてを確認させる。ここでは、DNAの絵、実物をみせ、生徒の興味・関心を高める。そして、DNAはからだを作る設計図のようなものであることを告げ、めあてを確認させる。次にDNAの質の変化について考えさせる。ここでは、自分と周りのヒトを比較することによって持っているDNAが違うことに気づかせる。さらにDNAの量が多くなるとからだのつくりはどのように変化するかについて考えさせる。ここでは、今までは、DNAの質についての変化についてやってきたが次は量について考えていくことを告げ、DNAの量が多いと生き物のからだのつくりはどのように変化するか考えさせる。そして、DNA量の4階級の図をみせ、いくつかの生物をわけさせる。最後になぜハイギョはヒトの40倍の量のDNAを持つのか考えさせる。ここでは、大部分の生き物はDNA量が増えると体のつくりが複雑になるが例外を持つ生き物もいることについて確認する。最後にハイギョの写真を見せ、原始的な形態を持つにもかかわらず、ヒトの40倍のDNAを持っていることを告げ、なぜか考えさせる。そして、この問題についてはまだ解明されていないがみんなはどう思うかと助言する。

(2) 主 眼

○DNAの変化と生き物の進化の関係について自分の考えを持つことができる。

(3) 準 備

①DNAの絵 ②学習プリント ③DNA量の4階級の図 ④ハイギョの写真

(4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1, めあてを確認する。 DNAの変化とからだのつくりの変化の関係について考えよう。	①②	○DNAの図、DNAを抽出した実物を見せ生徒の興味・関心を高める。 ○DNAはからだを作る設計図のようなものであることを告げ、めあてを確認する。 ○自分と周りのヒトを比較することによって持っているDNAが違うことに気づかせる。	一斉	10分
2, DNAの質の変化について確認する。		○今までは、DNAの質についてやってきたが次は量について考えていくことを告げ、DNA量の多い生き物にはどのような特徴があるか考えさせる。	一斉	10分
3, DNAの量が多くなるとからだのつくりはどのように変化するかについて考える。 ・ からだが大きくなる。 ・ からだのつくりが複雑になる。	③	◇DNAの量とからだのつくりの関係について自分の考えを持つことができる。(プリント分析) ○DNA量の4階級の図をみせ、いくつかの生物をわけさせ、図の説明をする。 ○大部分の生き物はDNA量が増えると体のつくりが複雑になるがいくつかの例外の生き物もいることについて確認する。	一斉	15分
4, なぜハイギョはヒトの40倍の量のDNAを持つのか考える。 ・ 環境の変化に対応するため。 ・ 魚類とは虫類の間だから。 ・ 水中から陸へ生活環境を変えるため。	④	○ハイギョの写真を見せ、原始的な形態を持つにもかかわらず、ヒトの40倍のDNAを持っていることを告げ、なぜか考えさせる。 ○この問題についてはまだ解明されていないがみんなはどう思うかと助言する。 ◇ハイギョが多くのDNAを持つ理由を考えることができる。(プリント分析)	一斉	15分
まとめ				

## オカダンゴムシとハマダンゴムシ（改訂後の指導案）

## 本時

## (1) 本時の指導観

本時では、生物の多様性について自分の考えを持つことができることをねらいとする。そこでまず、2種類のダンゴムシのからだのつくりを確認する。ここでは、オカダンゴムシの写真を見せ特徴を考えさせる。そして、ハマダンゴムシを見せ特徴を考えさせる。次に、ダンゴムシの住む場所を見た目から考えさせる。ここでは、これらのダンゴムシの共通点と違う点について考えさせる。そして、それぞれどのような場所に住んでいるのかと問いかける。さらに、ダンゴムシはもともと陸と海どちらに住んでいたのかについて考えさせる。ここでは、このようにダンゴムシには陸に住むものと海に住むものがあることを告げる。そして、ダンゴムシはもともと陸と海どちらに住んでいたのかについて考えさせる。最後に、ダンゴムシがなぜ住む場所を変えたのか考えさせる。ここでは、ダンゴムシはなぜ住む場所を変えたのか考えさせる。

## (2) 主眼

○ 生物の多様性について自分の考えを持つことができる。

## (3) 準備

①学習プリント ②オカダンゴムシ・ハマダンゴムシ

## (4) 指導過程

学習活動・内容	準備	手だて (○) と評価 (◇)	形態	配時
1, 2 種類のダンゴムシのからだのつくりを確認する。めあては、 とてもよく似たダンゴムシがなぜ、オカとハマにいるのか考えよう	①②	○オカダンゴムシの写真を見せ特徴を考えさせる。 ○ハマダンゴムシを見せ特徴を考えさせる。 ○これらのダンゴムシの共通点と違う点について考えさせる。	一斉	10分
2, ダンゴムシの住む場所を見た目から考える。 ・森 ・浜辺		○それぞれどのような場所に住んでいるのかと問いかける。 ○このようにダンゴムシには陸に住むものと浜辺に住むものがあることを告げる。	一斉	10分
3, ダンゴムシはもともと陸と海どちらに住んでいたのかについて考える。 ・海(生き物は海から出現した) (乾燥に弱いから) ・陸(いるかは陸から海へ帰っていった)		○ダンゴムシは、もともと陸と海どちらに住んでいたのかについて考えさせる。  ○ダンゴムシはなぜ住む場所を変えたのか考えさせる。	班	15分
4, ダンゴムシがなぜ住む場所を変えたのか考える。 ・食事が足りなくなった。 ・変わった体のつくりを持つものがあらわれた。		◇ダンゴムシが住む場所を変えた理由を考えることができる。(プリント分析)	一斉	15分
まとめ				