

# 鶏卵を素材にした授業と実習案

日野 晶也

## 1. はじめに

食品などの身近な材料を用いて、家庭の台所でも可能な科学実験をこれまで紹介してきた<sup>(1,2)</sup>。ここでは、安定してしかも安価に購入できる鶏卵を例にして授業案と実験例を紹介する。以下に紹介する授業案は、筆者がオープンキャンパスや高校での模擬授業で、科学の基礎的な知識や考えかたをクイズ形式で生徒とのやり取りをしながら展開する授業例である。

## 2. 発生中の鶏卵の重量変化

数学や物理学、化学など殆どの科学分野では、対象を厳格に定義した上で研究を進めていくのが一般的である。しかし、生物学が研究対象とする、「生物」を定義することは簡単では無い。哲学的な意味で「生とは何か」を考えるのと同様に、生物と無生物は何をもって違いがあるか、明瞭に分ける基準はまだできていないと言って良い。生物を明確に定義できなくとも、生物が持つ特徴や性質について、研究しているのが生物学であることを紹介しておく。以上の内容を生徒に理解させるために、「生物とは何か」や「生物の特徴を挙げよ」といった直接的な質問よりも、例えば、**Q1** スーパーの野菜売り場で並べられているキャベツは生きているか、死んでいるか？ **Q2** その隣に並べられているジャガイモやサツマイモはどうか？ **Q3** 同様にキュウリやピーマンはどうか？といろいろ

な野菜を例に挙げて Yes か NO で答えさせる。動物を例にしても良いが、生きているものをそのまま食材としている例はごく稀なので、植物の方が扱い易い。初めのうち生徒は迷っていても、キュウリやピーマンになると、生きているとは言えなくなる。これらには種が無い、このままでは子孫が増やせないことに気が付く。上の質問で例にあげた、イモの類は条件が揃えば芽が出て、次の世代の植物体を作ることができる。これが生きている証拠と説明する。このように、生殖つまり親と同様な個体を次の世代として生み出すことができることが、生物が持つ重要な特性であることを説明する。

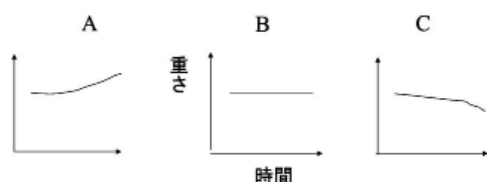
このようなやり取りをしながら、生きている生物は物質代謝とエネルギー代謝をおこなっていることを説明する。この場合は動物を例にとると分かりやすい。生きている以上必ずお腹が空いてくる、つまり食事をして体内に取り入れた物質を消化し、タンパク質や糖類といった大きな分子を分解する過程で ATP としてエネルギーを取り出していることを説明する。代謝とは合成と分解反応の両方を含み、そのバランスや動的な平衡が重要なことを学習のレベルにそって解説する。最近よく耳にするメタボとは代謝を表す Metabolism に由来することは、小学生でも理解できる。

やや横道にそれるが、このような展開の中で「エネルギーを作り出す」という言い回しを教師が使ってはならない。このフレーズは一般の社会人を含め生徒も良く口にするが、エネル

ギーは転換されているだけで、作り出すことは出来ないという物理学の原理を忘れてはならない。動物は栄養として動植物を摂取しているが、栄養となっている物質の殆どは植物が光合成により、太陽エネルギーを転換して作り出した高分子である。このような例を挙げて、物質やエネルギー循環について紹介したい。

このような説明をした後に、下図に示したようなスライドを用意し、問いを発している。

**ニワトリの受精卵を38℃の孵卵器で培養すると21日目にヒヨコが誕生します。この間、受精卵の重さはどのように変化するでしょう？**



勿論、ここで取り上げている鶏卵は有精卵で、食用にされている無精卵ではない。また、問題文中にあるように、有精卵を38℃に置き時々卵を回転させる手間を惜しまなければ、確実に3週間程でヒヨコが誕生することを伝える。また、結果として示したグラフは横軸に時間、縦軸に重さの変化を表したもので、実際には、初日に約50gの卵を、毎日1回定期的にその重量を記録したとする。筆者の経験では、このような説明で十分仮想実験が説明できる。

ここまで説明した後、暫く時間を置き、生徒に結果を予測してもらおう。つまり、卵の重量が増加するか、減少するか、また一定かの三者の中から結果を予想させる。この際、是非ただ単に予想させるのではなく、そうなる理由を考えさせることが重要である。

考えてもらう時間を利用して、ニワトリの発生過程を説明すると良い。ここでは省略するが、理科ネットワーク<sup>(3)</sup>や文末に挙げたホームページ<sup>(4)</sup>などが参考になる。

筆者のこれまでの経験では、図中のグラフを

選ばせた時に、クラス全員が一つに集中した例は全く無い。挙手を求めると、殆どの場合、 $A > B > C$ の順に数が減る。最近ではBを選ぶ生徒が増加している傾向がある。多い順に理由を尋ねるよう心掛けている。Aを選んだ生徒は、卵の中でヒヨコが大きくなるから卵は重くなると答える。哺乳類とは異なり臍の緒など付いていないので、鶏卵は母体からの栄養を与えられていない。いわば、エネルギー的に孤立した環境にあることを伝える。これを聞いて、物理や化学を意識した生徒は、「質量保存の法則が当てはまる」と答える。受講している生徒がそのレベルにあれば、化学で質量作用の法則 (Law of Mass Action) など、質量と訳されているMassは確かに質量の意味もあるが、むしろマスメームのマスで、小さな粒子からなる大きな集団の意味の方が正しく、明治時代の誤訳であると指摘する。

発生中の鶏卵の中で確かに化学反応が起こっているが、果たして全ての反応が卵内だけに閉じているかを考えさせる。例えば、卵は生きているのだから呼吸をしているのではないかと水や酸素を向ける。実は、卵の表面は滑らかなようだが、電子顕微鏡レベルで見れば、孔が空いていることを告げる。相手によって説明を変える必要はあるが、実験結果では、卵の重量は段々と減少する。やや荒い説明となるかも知れないが、「卵は生きているので呼吸している。つまり酸素を吸って二酸化炭素を卵から出している。」と説明しながら $O_2$ 、 $CO_2$ の化学式を示す。小学生でもこれは理解できる。卵を中心に配置して $O_2$ が入り $CO_2$ が出ていくことを図示し、差し引きするとCが出て行くという説明をする。

実際には水分の蒸発による重量の減少が大きいのだが、このような説明の方が生命現象の理解が深まると確信している。水の重要性を補充する意味で、次に実験例を紹介する。

### 3. 鶏卵を使った実験例

「コロンプスの卵」など、鶏卵を素材にした話題は事欠かない。茹で卵と生卵をコマのように回すと、重心が定まっている茹で卵が回り易い。一方で生卵では、黄身と白身が別々に回り、慣性の法則や両者の間の摩擦も加わって、茹で卵とは異なった回転運動をする。逆に生卵を用いて、辛抱強く重心の位置を探し当て、静かに手を離せば卵を立たせることができる。

本学の理科教育法の授業の中で、先に紹介した発生過程における鶏卵の重量変化について議論した後、上記の遊びのような実験をしていた際に、学生の中から予期せぬ新実験の提案があった。「鶏卵を茹でる前と後で重さはどのように変化するか。」である。早速実験に入る。勿論、結果が出る前に、予想して理由を考える。この実験の場合、重量の増加を予想し、また説明することも難しい。生卵を食酢に漬けておくと殻が溶けて卵が被膜を保ったまま膨張する有名な実験がある。しかし、茹でただけで水が卵内に流入することは無く、重量の増加も考えにくい。この実験の場合、ほぼ全員の大学生が重量の変化は無いと予想した。

実験は単純である。生卵の重量を測り、鉛筆で直接卵表に数値を記入する。郵便が切手を貼った後の重量によって料金が定まっていることを話しながら、念の為に記入した後も重量を測定しておく。測定には、一般家庭の料理用計りでも0.1 gまで測定できるものであれば、十分利用可能である。重量の測定後は通常の方法で卵を茹で、重量を測る。手間は係るが、5分おきに取り出して、先の図表と同様に、時間経過による重量変化をグラフ化するのも良い。これまでに、2ダース以上の卵を用いて計量実験を行ったが、重量が増えた例は一例も無い。殆ど重量の変化が測定できない例もあるが、新鮮な卵であれば、7%以上減量した。

この結果を受けて、卵から水が放出されると作業仮説を立て、前号で紹介した炊飯実験<sup>(2)</sup>

と同様に、計量後の生卵をジップロック<sup>®</sup>に密封して卵を茹でた。これも新鮮な卵を用いた場合に限るが、茹でた後には袋の底に肉眼で確認できる程の液体を確認できた。因みに、この液体の重量と茹で卵の重量の和は、もとの生卵の重量とほぼ等しくなった。

これ以上この実験研究を進めていないのでまだ断定はできないが、卵内のタンパク質が熱変性を受けて、卵から水が放出されたのだと考えられる。この説明が妥当であるかは今後の課題としたい。

---

#### 参考文献

- (1) 日野晶也:「DNAの抽出実験」の指導法” 神奈川大学 心理・教育論集第31号 p 111～114 (2011)
- (2) 日野晶也:“お米を材料にした科学実験—ビニール袋を用いた炊飯— 神奈川大学 心理・教育論集第32号 p 91～94 (2012)
- (3) 理科ネットワーク (独立行政法人, 科学技術振興機構提供: [http://www.rikanet.jst.go.jp/movies.php?url=http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0090b/streams/entity/t07\\_1.asf](http://www.rikanet.jst.go.jp/movies.php?url=http://www.rikanet.jst.go.jp/contents/cp0090b/streams/entity/t07_1.asf))
- (4) ニワトリの発生 <http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/seibutu/se18/Chicken/chicken.htm> (2012年12月閲覧) など

#### 謝辞

実験に協力してくれた井関進君と水野航君、工藤若菜さんに感謝します。