

## 「光合成生物イシクラゲの採集と顕微鏡観察」

島根大学教育学部自然環境教育講座教員 大谷修司  
松江市立松江女子高等学校教諭 廣田理史  
島根県立松江南高等学校宍道分校教諭 大賀 学

実施場所:松江市立女子高等学校

日時:2006年7月11日 5~7限

対象:2年3組(普通科女子) 32名

授業者:大谷修司、廣田理史。共同研究者:大賀学

助言者:松江教育センター指導主事 平野謙二

### 要旨

地球の初期に表れた酸素発生型光合成生物のラン藻は、酸素を発生することで地球環境や生物の進化に大きな影響を与えた。この出張授業ではラン藻類の一種であるイシクラゲを教材とし、松江女子高校2年生を対象として、高校教諭と島根大学の大谷が共同で、その採集・観察と講義を実施した。講義では、顕微鏡観察結果をもとに、イシクラゲは高校生物で取り扱われる「原核生物」、「無性生殖」、「光合成」、「窒素固定」、「大気中の酸素濃度の変遷」、「酸素呼吸」、「生物の進化」、「オゾン層」等に関係する形態や働きを有すことに触れた。また、これらの内容を互いに関連づけながら理解できるように配慮して講義を行った。

出張授業の事前には既習内容に関する理解度のテストを行い、事後はイシクラゲを通じた授業の前後でイシクラゲの形態や働きについての変容を調査するためのアンケート調査と、出張授業で触れた内容に関する理解度を調査するためにテストを実施した。

### 1. はじめに

イシクラゲは土壌表面に生育するラン藻類の一種であり、世界中に広く分布し、日本でも学校の校庭や芝生の上などに普通にみられる(図1、2)。本種は光合成を行い陸上植物や海藻類と同様に酸素を発生させる。また、イシクラゲは細胞の中に異質細胞という特別な細胞を有し(図3)、空中の窒素ガスをアンモニアに変換し、アミノ酸合成等に利用することが知られている。空中窒素固定は原核生物である細菌類とラン藻類だけが行うことができる働きであり、ラン藻類は原核生物であることから最近では藍色細菌(シアノバクテリア)と呼ばれることが多い。



図1. 芝生や土壌表面に生育する藍藻類イシクラゲ。島根県松江市産。道路脇の土壌やコケの表面に生育(2005年11月27日)。

高校生物の内容を体系的に生徒らに理解させるためには、単元の内容を断片的な知識として教えるのではなく、生徒らが、学習内容を互いに関連付けながら理解できるように配慮した授業が必要であろう。イシクラゲは上記のような形態と働きを有すことから高校生物で取り扱われる「原核生物」、「無性生殖」、「光合成」、「窒素固定」、「大気中の酸素濃度の変遷」、「酸素呼吸」、「生物の進化」、「オゾン層」等に関連して授業で触れることが可能である。一つの単元に絞り込んだ出張授業を行うことも考えられるが、今回は特に、イシクラゲを教材として高校生物の内容の関連性を意識した授業を行うことを目的とし、高校教諭と大谷が共同で授業計画を作成し実践を行った。

## 2. イシクラゲの教材としての利点

生物は細胞の構造から大きく原核生物と真核生物に分けられ高校生物 I で扱われている。原核生物には細菌類とラン藻類が知られているが、細菌類は微小なため普段の生活では観察できる機会がなく、 $1\mu\text{m}$  の大きさしかないので光学顕微鏡では細胞内の観察も困難である。一方、ラン藻類は肉眼点的な大きさのコロニーを作る種類が多く、細胞も大きい種類では  $5\mu\text{m}$  程度あり、細菌類より光学顕微鏡で細胞内部を観察しやすい利点がある。教材として利用するには採集が容易であることがあげられるが、この授業で教材としたイシクラゲは、水はけの悪い部分の校庭や芝生等に広く分布しており、また大きさは数センチになり、素手で採集できるので実験に利用しやすい。本種は古くから食用として知られており、実験終了後に食べることができることも利点であろう。



図2. 室内で図1と同じ場所のイシクラゲを撮影。湿っており、触ると寒天状の感触がある。(2005年11月27日)。



図3 他の細胞より大きく、細胞壁が厚い異質細胞(矢印)。窒素固定が行われる。島根大学校内産(2004年3月5日)。

## 3. 学習指導案

大学教員による出張授業では1回数時間の時間内で行うことが多い。このような少ない時間で、効果的な授業を行うには事前に高校教諭との既習単元や生徒の理解度の確認が第一に必要であると考える、事前に打ち合わせを数回した後、生徒の既習単元の理解度を把握するためテストを行った(資料1)。出張授業の学習指導案を以下に示す。

## 理科 生物 I 学習指導案

指導者

島根大学教育学部 教授 大谷 修司

松江市立女子高等学校 教諭 廣田 理史

1. 実施日 平成18年 7月 11日(火) 5～7限
2. 実施クラス 第2学年 3組普通科(女子32名)
3. 単元名 生物体の構造と機能
4. 単元目標 イシクラゲを観察することで、原核生物の構造、働き、環境とのつながり等を理解するとともに、第1部のまとめを行う。
5. 指導計画 第1部の内容と本地に関する内容について

	単元名	時間数	この授業に関連する内容
①	細胞の構造と働き	(8時間)	細胞説、細胞の構造とはたらき、原核・真核生物
②	細胞の機能	(10時間)	
③	細胞の増殖と分化	(6時間)	体細胞分裂・細胞の分化
④	生物体の構造	(2時間)	単細胞生物・多細胞生物
⑤	第一部のまとめ	(本時3時間)	

- ◆ 細胞説のところで、地球の誕生と生物の誕生については簡単に触れている。また、どのようにして真核生物が誕生したか共生説についても触れている。
- ◆ 現在の教科書では、光合成については生物 I の後半部と生物 II の前半部に掲載されている。今の授業では、光合成の詳しい内容まで説明ができていない。また、窒素同化も生物 II の教科書に掲載されており、授業で全く触れていない。

### 6. 本時の指導

- (1) 目標
  - ① 原核生物と真核生物の違いを理解させる。(知識・理解)
  - ② 原核生物特有の構造を理解させる。(知識・理解)
  - ③ 光学顕微鏡の使用方法を確認する(知識・理解)
  - ④ 高校生物で扱われる内容を互いに関連付けて理解できる(知識・理解)
- (2) 資料 教科書 新編生物 I (啓林館)  
副教材 フォトサイエンス生物図録(数研出版)  
その他 ワークシート

## 4. 授業実践

### 1) イシクラゲの採集と観察

イシクラゲを教材とした授業のテーマ、目的、展開例等を報告の後に資料2として、生徒に配布したワークシートを資料3として示した。

イシクラゲは松江市周辺では広く分布しており、島根大学構内の土壌、芝生表面、コンクリート上、周辺道路の端にたまった土壌表面などにも生育している。授業を行った松江女子高校の校庭やコンクリートの階段上にも多くのイシクラゲが生育しており、校庭でまずイシクラゲを生徒ともに採集し、生育地の様子を観察後、イシクラゲの感触を手で確かめたり、匂いをかいだりした。イシクラゲは暗緑色から茶色を帯びた緑色で、乾燥した状態のコロニーは乾燥ワカメのような外観と手触りがあった(図4)。同じ場所に寒天状の手触りがあるコロニーもあったが、これはイシクラゲが吸水し膨らんだものである。

その後、生物実験室に戻り、プレパラートを作製した。顕微鏡観察のためにはイシクラゲを吸水させた状態にする必要があるため、乾燥したものも寒天状になっているコロニーもシャーレに入れ水道水を入れてしばらく放置した(図5)。その放置時間を利用してイシクラゲの乾燥した状態や吸水した状態の全形のスケッチを行った(図6)。



図 4. 乾燥したイシクラゲを撮影。乾燥ワカメのような外観と手触りがある。松江女子高産(2006年7月11日)。

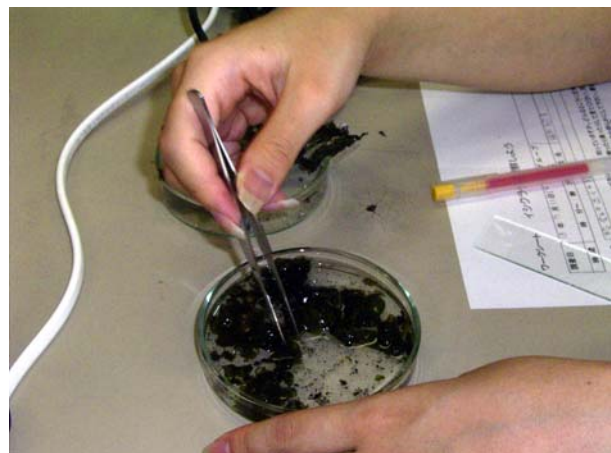


図 5. 乾燥したイシクラゲを水に入れると徐々に水分を吸収し弾力のある寒天のような手触りとなる。松江女子高産(2006年7月11日)。

イシクラゲのコロニーは図1、2に示したように不定形であり、厚い部分と薄い部分がある。顕微鏡でイシクラゲの細胞を明瞭に観察するためにはできるだけ薄い部分を観察する必要があるため、生徒にはコロニーを手やピンセットでもち光に透かして見ながらできる限り薄い部分をプレパラートにするように指導した。薄いイシクラゲのプレパラートを作製するためには、もうひとつ注意することがあり、それは5mm角程度の部分をプレパラートにすることである(図7)。これより大きいコロニーを採取するとプレパラートが厚くなり観察しづらくなる場合が多い。水を一滴かけた後、カバーグラスをかけてそのまま観察することが望ましい

が、プレパラートにしたイシクラゲのコロニーが厚いためにカバーガラスが水平になっていない場合は、柄つき張りやピンセットの先で軽くカバーガラスの中央部を押し、コロニーを押しつぶし水平にすると観察しやすい。



図 6. 採集したイシクラゲの全体像をスケッチしているところ。松江女子高(2006年7月11日)。

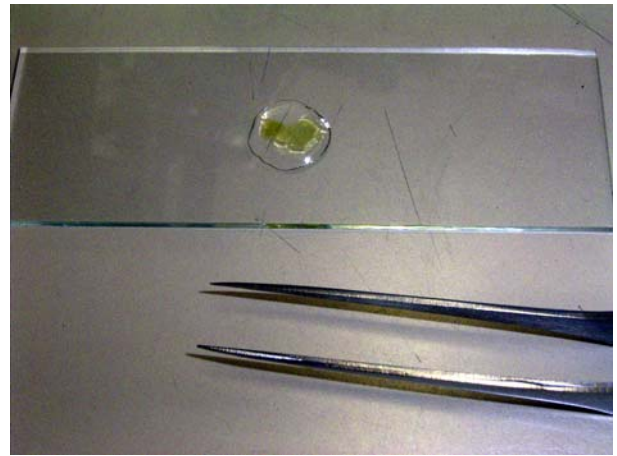


図 7. 吸水させてイシクラゲの5mm角程度と水を一滴たらしカバーガラスをかけて観察する。松江女子高産(2006年7月11日)。



図 8. 顕微鏡によるイシクラゲの観察の様子。松江女子高(2006年7月11日)。

## 2) 講義内容

スライドを用い、顕微鏡による観察結果を確認しながら、以下の内容について説明をしながら高校の生物の内容との関連について講義した。

- ①イシクラゲの生育地の様子とコロニーの外観を説明。
- ②乾燥したイシクラゲと湿ったイシクラゲのコロニーの比較とイシクラゲの生活史を説明。
- ③顕微鏡観察の結果から多細胞生物であることを確認。細胞の配列が数珠にていること

からネンジュモ(念珠藻)とも呼ばれることを説明。

④顕微鏡観察の結果からイシクラゲの細胞には核や葉緑体がないことを確認。

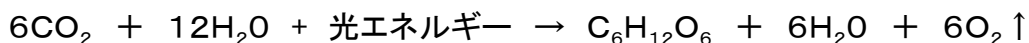
⑤その後、教科書の原核生物と真核生物の比較表を引用しながらイシクラゲは原核生物であること、原核生物として細菌類とラン藻類が存在することを確認。

⑥顕微鏡観察の結果からイシクラゲは二分列で増殖することを確認。その後教科書を用いて無性生殖について説明。

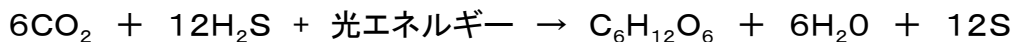
⑦イシクラゲには葉緑体がないが、細胞の中に光合成色素があり、酸素発生をとまなう光合成を行う生物であることを説明。

⑧光合成細菌とラン藻類や陸上植物の光合成を比較し、光合成細菌は光合成の結果硫黄を蓄積するのに対し、ラン藻類や陸上植物は酸素を発生することを説明。

ラン藻類、海藻類や陸上植物の光合成の反応式



光合成細菌の光合成反応式



⑨副教材の生物図録を用いて、地球の初期に酸素はなく、光合成生物のラン藻類が約 27 億年前に出現し、酸素が海や大気中に少しずつ増加していったことや後の陸上生物の進出を促したオゾン層の形成につながっていったことを説明。

⑩顕微鏡観察の結果からイシクラゲには他の細胞よりも色が薄く、一回り大きい異質細胞があることを確認。その後、生物Ⅱで扱われる窒素固定を行う細胞であることを説明。

⑪窒素固定を行うことができるのは原核生物である細菌類とラン藻類の仲間に限られることを説明。窒素固定にかかわる酵素ニトロゲナーゼは酸素があると失活すること、原核生物にしか見られない反応であることから、地球の歴史で古い時代にできた反応と考えられることを説明。

⑫ラン藻類の共生で真核生物の葉緑体ができたと説明するよう準備をしていたが、時間がないことから今回は説明を省いた。

⑬イシクラゲは食用なので、最後に湯通しし味付けをして生徒や教諭とともに食した。

#### ⑭授業のまとめ

- ラン藻類イシクラゲは原核生物である。
- イシクラゲは多細胞生物であり、二分裂で増える。
- ラン藻類は27億年程度前には地球上に出現した。
- ラン藻類の光合成では酸素が発生する。
- その結果、地球の大気組成に大きい影響を与えた。
  1. 鉄鉱石の形成, 2. 酸素呼吸の開始, 3. オゾン層の形成等
- イシクラゲは異質細胞で窒素固定を行う。
- 葉緑体はラン藻類が真核生物と共生することによって生じた
- 中国や日本では、食用にされていた。

#### 5. 授業終了後のアンケート結果

出張授業の二日後の7月13日に30人の生徒に対してイシクラゲやラン藻に関するアンケート(資料4)を行った。

生徒の大部分はイシクラゲを見たことがあり、その割合は73%を占めていたが、イシクラゲがラン藻類と答えた学生は皆無であり、生徒はコケ、ワカメ、海藻の仲間や草と答えた。このように生徒はこれまでの体験でイシクラゲを見ているのだが、これがラン藻類とは気づいていないことがわかった。一方、言葉ではイシクラゲを知っており、これがラン藻類であると答えた生徒は4名で全体の13.3%であった。

ラン藻類は教科書で原核生物であることはこれまでに廣田教諭の授業で既習しているが、ラン藻類が原核生物と答えた生徒は43.3%で定着率は半分以下であった。ラン藻類が光合成を行うと解答した生徒40%、光合成の結果酸素発生をすると解答した生徒26.7%であった。生物Ⅰの光合成の授業では高等植物がとりあげられており、その際、海藻類やラン藻類などは光合成を行う生物として取り上げられていない。高等植物以外の光合成生物も取り上げることによって、酸素呼吸や生物進化などの授業の内容が互いに関連づけることができるのではないだろうか。

地球上の酸素がラン藻や他の植物によってしだいに増加したこと、ラン藻類の中にはイシクラゲのように窒素固定を行う生物が存在することについては正答率は0%であった。以前の学習指導要領では窒素固定や植物の光合成の詳細が生物Ⅰで扱われていたが、この二つの質問はどちらも現行の学習指導要領では生物Ⅱの内容であり、この結果は、対象の生徒がこれらの内容を未修であったことによることが大きいと考えられる。出張授業では、イシクラゲに関連する生物Ⅰ、Ⅱの内容をできる限り取り上げたため、生物Ⅱの内容にも触れることとなった。生物Ⅰしか習わない生徒に対して今後、学習指導要領以外の内容をどのように扱うかも課題のひとつである

#### 4) 出張授業にかかわる内容のテスト

出張授業の内容の生徒の理解度を調査するために、授業中に出現した生物のキーワー

ドを上げ、記述式の問題と、穴埋め式の問題を作成し、11月中旬にテストを行った。その結果は現在解析中である。

## 6. 生徒や高校教諭の感想

### 1) 生徒の感想の例

- ・あまりきれいでないものだと思っていたけれど、大きな役割をしているのだなあと思った。
- ・今まで学校で習ったことがけっこう役に立ててよかった。さらに新しい知識もたくさん身についた。
- ・自分の身近なところにあるものが食べられて感動した。生物の歴史はすごいと思った。
- ・イシクラゲという生物のことがよくわかった。あと27億年も前からいたと知って驚いた。
- ・身近にある生物を見つけに行き行って楽しかったし、イシクラゲについて知れてよかった。

### 2) 担当教諭

私自身も幼少の頃からグランド等にブヨブヨしたもの(イシクラゲ)があるという意識はあったが、実際にそれがどんな生物なのか知らなかった。生徒にも同じような意識があったようで、生徒のイシクラゲへの反応は非常に良く、素早くイシクラゲを発見することができていた。この授業の楽しさは、誰もが見たことのある身近な未知の生物の正体に分かること、そして、実際に食べることから多くのことが学べる部分である。生徒はこの授業を通して、身近な生物と環境とのつながりについて感心を高めるとともに、多くの生物用語をリンクさせることができるようになったように感じる。また、私自身にも多くの感動があり、イシクラゲの教材としての素晴らしさを知ることができた。

## 7. 謝辞

大変お忙しい中、高校の年間行事の調整をして頂き、出張授業を快く実施させて頂いた松江市立女子高等学校に心より御礼申し上げます。

この出張授業は日産科学振興財団の理科・環境教育の助成を受けて実施しました。また、実施した授業内容は、山陰エネルギー環境教育研究会の教育プログラム開発部門(生物系)の教員の協力をえて作製し、授業に用いた実験機器の一部は資源・エネルギー庁の助成金をあてて行ないました。ここに記して感謝いたします。



## 資料2

### 「光合成生物イシクラゲの採集と顕微鏡観察」

1. **テーマ:**身近に生育する原核生物であるイシクラゲの観察を通し、高校生物の内容との関連に眼を向けさせる。

#### 2. ねらい

ラン藻類ネンジュモ属(*Nostoc*)の一種イシクラゲ(*Nostoc commune*)は土壌や芝生の表面などに生育する肉眼的な大きさになる原核生物である。身近に原核生物が生育していることに気づかせ、顕微鏡観察で細胞小器官が無いことを確認する。ラン藻類が酸素発生をする最初の光合成生物であり、その結果、地球大気中の酸素濃度が増加したこと、酸素呼吸が始まったこと、オゾン層が形成され陸上生物が進化したことなどを気づかせる。本種は窒素固定を行う異質細胞を有しており、生物の空中窒素固定についてもふれる。最後に本種は食用とされているので食べてみよう。

3. **キーワード:**原核生物、ネンジュモ、イシクラゲ、光合成、窒素固定、酸素発生、大気組成の変化、酸素呼吸、生物進化、オゾン層

4. **所用時間:**45分授業を3時間

5. **場所:**学校の校庭、公園など湿った土壌

6. **実施時期:**雨の多い時期にコロニーが大きくなる。建物の北側、中庭などで大きいコロニーが見られる。夏は日射が強く、日陰以外では乾燥し目立たないことが多い。

#### 7. 展開

##### 主な学習場面と予想される生徒の動き

##### 1. イシクラゲを学校や公園でさがす

- ・イシクラゲを教師が例示していったいなんなのか予想させる。  
(ふえるワカメなど自分たちで名前をつけて知っている生徒も多い。)
- ・見つけたら色、手触り、匂いなどを調べ、周囲の状況とあわせて記録させる。

##### 2. イシクラゲの生き方と生育環境

- ・生徒にどのような環境で生育していたのか、手触り、臭いなど記録をもとに発表させる。  
(湿ったところは、寒天のようなコロニー、乾くと乾燥ワカメのようになる)
- ・イシクラゲがどのような生物群に属しているのか予想させる。

##### 3. イシクラゲを顕微鏡観察

乾燥したイシクラゲがあった場合、シャーレの中などで水につけ、どのようにイシクラゲのコロニーの形が変化していくのかを観察する。

寒天状にふくれたイシクラゲをなるべく薄く、少量(5mm角程度)をピンセットでスライドグラスにのせ、水を一滴おき、カバーグラスをかける。

低倍率で、細胞の配列のし方、高倍率で、細胞の形、色を観察する。

(対物レンズを 100 倍にして細胞の形、色、細胞内部を観察することが望ましい。)

細胞内には、光合成産物の顆粒が観察されることがあるが、原核生物のため、葉緑体、核などが観察できないことを確認させる。藍藻は細胞全体が葉緑体の役割をしている。細胞の配列の仕方から、別名ネンジュモ(念珠藻)という。

#### 4. イシクラゲの窒素固定

観察の結果、大部分が青緑色～褐色の球形の細胞であるが、他の細胞に比べ透明感のあるやや大きい細胞があることに気づかせる。この細胞を異質細胞といい、ここで窒素固定が行われていることを理解させる。(窒素固定に必要な酵素ニトロゲナーゼは、酸素があると失活する。異質細胞には酸素発生を伴う反応系が無いことが知られている。窒素固定能は、原核生物の細菌類とラン藻類に限られている。マメ科の植物は共生細菌の窒素固定による。)

#### 5. イシクラゲの光合成

ラン藻類は緑色植物と同様に酸素発生をとまなう光合成をおこなう。ラン藻類より先に地球に現れた光合成細菌は酸素発生をせず、硫黄等を蓄積することを教科書で確認する。

#### 6. イシクラゲを食べる

イシクラゲは文献に食用と書かれている。少量試食してみよう。イシクラゲを良く水洗いする。数分間湯通しする。そのままや三杯酢等で味付け食べて、食感、味を試してみる。

#### 7. まとめで以下のことを確認する

- 藍藻類イシクラゲは原核生物であること。
- イシクラゲは窒素固定を行い、異質細胞を有す。
- 藍藻類は27億年程度前には地球上に出現した。
- 藍藻類の光合成では酸素が発生する。その結果、地球の大気組成に大きい影響を与えた。(鉄鉱石の形成、酸素呼吸の開始、オゾン層の形成等)

#### 8. その他

- もし藍藻類が地球に誕生しなかったら、地球はどのようになっていたか考えてみる。酸素が無い大気、海水でどのような生物が成育できるのか。
- 藍藻類やその他の植物が何10億年もかけて形成したオゾン層を人間はわずか 50 年で破壊した。人間の地球環境への影響力の大きさを考えてみる。

#### ○準備するもの

シャーレまたはビニール袋、ピンセット、顕微鏡、スライドグラス、カバーグラス、パスツールピペット、スポイト、油浸オイル。

資料2

ワークシート イシクラゲを知っていますか、食べたことありますか

調査日	年 月 日( )	グループ名	
時間	時 分～ 時 分	氏名	

調査地点

あなたは、イシクラゲを見たことがありますか、知っていますか。どんなところに生育しているか知っていますか。イシクラゲを自分で採集し、触ったり臭ったりして見てください。採集後、顕微鏡で観察します。みんなで討論してどのような生物なのか明らかにして下さい。最後は食べて見よう。

1. イシクラゲの形や感触、生育地の様子を記入しよう。同時にスケッチしよう。
2. イシクラゲはどのような生物群に属しているのか予想してみよう。

イシクラゲと生育地の様子	乾燥したところ	イシクラゲと生育地の様子	湿ったところ
測定値等	天気： 気温： 照度：	感想	

3. イシクラゲを顕微鏡で観察しよう。

細胞の配列の仕方, 細胞の形, 色, 形特に注意して観察してください。

スケッチ	<u>低倍率</u>	スケッチ	<u>高倍率</u>
特徴		特徴	

4. 乾燥したイシクラゲを水につけたらどのような変化がありましたか。

5. 細胞の配列はどのようになっていましたか。それから何を想像しましたか。

6. 細胞の形は1種類ですかそれとも複数ありますか。

7. 対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターを使って, 細胞の大きさを計ってみよう。

**発展(生物Ⅱの内容)**

1. 教科書で窒素固定について調べよう。

2. 教科書で光合成細菌とラン藻類の光合成を比較しよう。特に光合成の結果、ブドウ糖以外で生成されるものに注目しよう。

3. ラン藻類が地球に現われなかったらどんな地球になったか考えてみよう。

このアンケートの結果は、研究以外の目的に使用いたしません。研究として発表する際は個人が特定されることは絶対にならないように配慮いたしますので、ご協力よろしくお願いいたします。該当するものに○をしてください。

学年 クラス 番号 を記入願います ( 年 組 番)

1. あなたはこの授業の前にイシクラゲを知っていましたか。

- ・イシクラゲの存在自体をはじめて知った。
- ・名前は知らなかったが、見たことはあった。
- ・イシクラゲを見たことがあるし、その名前を知っていた。

2. イシクラゲを見たことのある人に伺います。イシクラゲは何の仲間とっていましたか。自由記述してください。

( )

3. イシクラゲはラン藻類であることを知っていた。

- ・はい
- ・いいえ

4. ラン藻類は原核生物であることを知っていた。

- ・はい
- ・いいえ

5. 原核生物をはじめて顕微鏡で観察した。

- ・はい
- ・いいえ

6. ラン藻類は草や木と同じように光合成し、酸素発生を知っていた。

- ・光合成を知っていた。 ・はい ・いいえ
- ・酸素発生を知っていた。 ・はい ・いいえ
- ・光合成をし、酸素発生を知っていた。 ・はい ・いいえ

7. ラン藻類が27億年前ごろに地球上に出現したことを知っていた。

- ・はい
- ・いいえ

8. 原始地球大気には酸素(O<sub>2</sub>)が含まれていなかったことを知っていた。

- ・はい
- ・いいえ

9. 地球上の酸素( $O_2$ )は藍藻類や他の植物によって作られ、しだいに増加し現在の約 20%になったことを知っていた。

・はい ・いいえ

10. 空中窒素固定について知っていた。

・はい ・いいえ

11. ラン藻は空中窒素固定をする生物であることを知っていた。

・はい ・いいえ

12. イシクラゲが食用であることを知っていた。

・はい ・いいえ

13. イシクラゲの味や食感や味はどうでしたか。自由に記述してください。

14. この授業で感じたことを自由に記述してください。

ありがとうございました。