



温泉水中の微生物マットの学校教育への活用： 主体的で探究的な観察と考察をめざして

○松浦克美¹，内山智枝子²，宇田川麻由²

¹代謝初期進化研、²筑波大附属駒場中高

2022 年度（昨年度）温泉科学会大会での発表のまとめ

中房温泉の高温からの温度低下にそった微生物のエネルギー代謝の変化と 太古代の生物進化との関係¹⁾

松浦 克美, 河合 繁, Shawn E. McGlynn

中房温泉の高温からの温度勾配にそって見られる微生物群集は,

1. 化学合成, 酸素非発生光合成, 酸素発生光合成の順である.
2. 太古代の生物進化の過程を再現している可能性が高い.
3. 太古代の生物進化に関連して, さらに詳しく調べる意義がある.
4. 進化に重要な様々な微生物が目に見える形状で成育している
ので, 教育にも活用できる.

¹⁾ 松浦克美, Shawn E. McGlynn, 河合 繁
長野県の中房温泉における微生物のエネルギー代謝と太古代の生物進化（総説）
温泉科学 (J. Hot Spring Sci.), 73, 13-25 (2023)

研究の背景と目的 1

<背景：高等学校学習指導要領 2018 から（抜書き・一部語尾改変）>

- 生命の起源に関する考えを理解させるとともに、細胞の進化を地球環境の変化と関連付けて理解させる。
- 生命活動にエネルギーが必要であることを理解させる。

<目的 1>

1. 複数の温泉微生物の比較観察を通して、生命の初期の進化とエネルギー代謝の関係を理解させる方法を探る。

研究の背景と目的 2

<背景：中央教育審議会答申 2016 から（抜書き・一部語尾改変）>

- 「主体的な学び」を実現していくために、自然の事物・現象から問題を見いだし、観察・実験の計画を立案する。
- 「対話的な学び」を実現していくために、観察・実験の結果を考察する場面などで、個人で考え、その後、議論する。
- 社会の課題を解決するために、観察・実験等を重視して「探究的な学び」の充実を図る。

<目的 2>

1. 複数の温泉微生物の比較観察を通して、生徒の主体的な学び、対話的な学び、探究的な学びを実践する方法を探る。

実践研究の流れ

1. 中房温泉から，微生物マットを3種類採取する．
2. 授業実施計画を作成し，授業プリントを作成する．
3. 生徒の主体的な観察中心の授業を実施する．
4. 生徒と対話的な授業を実施し，生徒の主体的な考察を促す．
5. 授業の実施状況を写真等で記録する．
6. 授業についての生徒の感想や意見を書いてもらう．
7. 目的にあった授業ができたかどうかを評価する．

中房温泉：長野県安曇野市 硫黄泉（硫化水素型，アルカリ泉）



源泉数 30カ所以上
(すべて自然湧出)

温度 60℃～95℃

湧出量 1500 L/min 以上

pH 8.0～9.5

硫化水素イオン 200～400 $\mu\text{mol/L}$

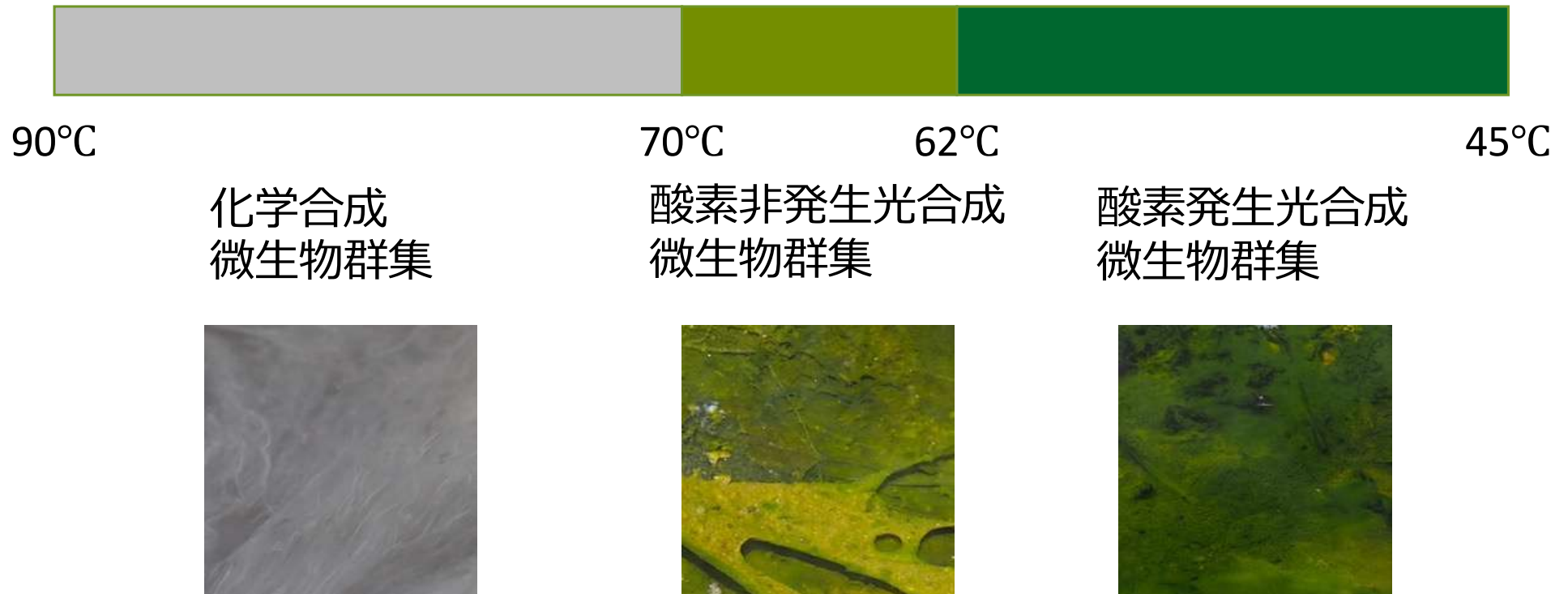
硫酸イオン 150～300 $\mu\text{mol/L}$

炭酸水素イオン 1.5～2.5 mmol/L



中房温泉の高温領域と成育微生物群集

温度: 45°C - 90°C, 流速: 0.1 - 1200 mm/s, 硫化水素: 0 - 300 $\mu\text{mol/L}$, 酸素: 10 - 180 $\mu\text{mol/L}$



生徒に渡した3種類の微生物マット



83°C

67°C

58°C



授業の進行計画

温泉微生物マットの観察を通して生命の進化とエネルギー変換の関係を考える

2023.3.1 松浦克美：19期：東京都立大学名誉教授

0分-10分	温泉微生物マットの紹介と生徒の皆さんからの初めの質問
10分-20分	生命進化の全体像と、エネルギー獲得方法についての対話的授業
20分-25分	微生物マットをほぐしながらの目視観察
25分-35分	生徒の皆さんからの質問
35分-50分	マット中の微生物の顕微鏡なども用いた観察
(10分休み)	
50分-60分	グループごとに考えたことと疑問についての話し合い
60分-75分	グループごとに考えたことと疑問についての発表（2分ぐらいずつ）
75分-85分	疑問についての解説
85分-90分	今日の学習に関するメモレポートを各個人が書く
90分-100分	今日のテーマに関連した／関連しない、何でも質問時間

観察に関連して生徒に伝えた情報

微生物マットの採取場所

中房温泉：合戦の湯

源泉温度85℃. 流れに従って45℃まで低下
硫化水素・二酸化炭素・酸素を含む
長野県安曇野市：北アルプス燕岳の登山口
多量の高温の温泉が自然に湧き出している

合戦の湯の全景



3種類の温度（83℃，67℃，58℃）の温泉水中の微生物（順番は合っていません）



授業風景：観察とまとめの議論



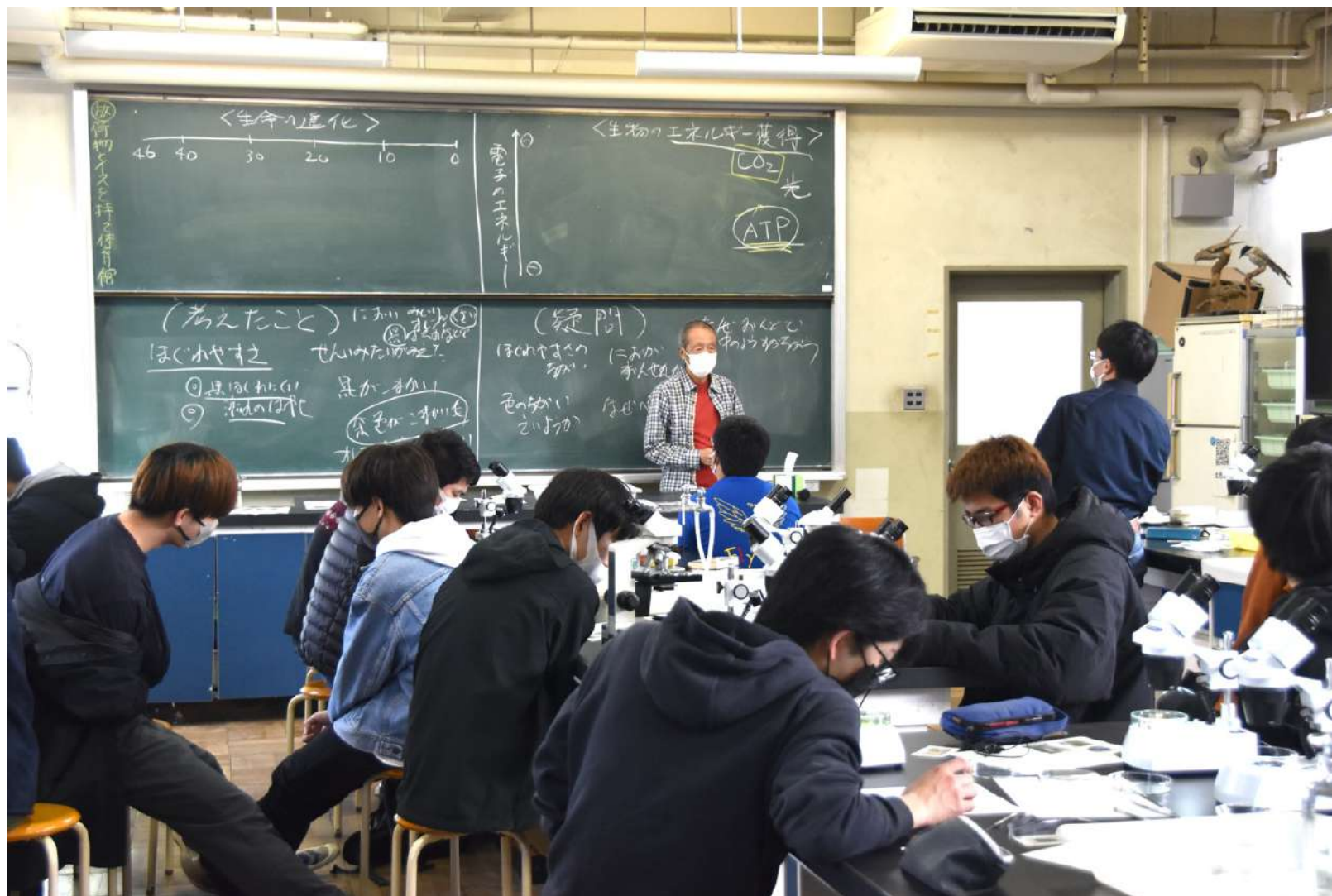
授業の進行計画

温泉微生物マットの観察を通して生命の進化とエネルギー変換の関係を考える

2023.3.1 松浦克美：19期：東京都立大学名誉教授

0分-10分	温泉微生物マットの紹介と生徒の皆さんからの初めの質問
10分-20分	生命進化の全体像と、エネルギー獲得方法についての対話的授業
20分-25分	微生物マットをほぐしながらの目視観察
25分-35分	生徒の皆さんからの質問
35分-50分	マット中の微生物の顕微鏡なども用いた観察
(10分休み)	
50分-60分	グループごとに考えたことと疑問についての話し合い
60分-75分	グループごとに考えたことと疑問についての発表（2分ぐらいずつ）
75分-85分	疑問についての解説
85分-90分	今日の学習に関するメモレポートを各個人が書く
90分-100分	今日のテーマに関連した／関連しない、何でも質問時間

授業風景：まとめの議論 1



授業風景：まとめの議論 2



生徒の感想・コメントから

- 長野という近い場所で、**温度の違いが進化の流れにそのまま当てはまるのを観察できるのはすごいと思った。**
- **色の違いが、光のエネルギーをどう使えるかに起因する**ということで、それができない場合には**硫化水素から高エネルギーの電子をもらう**ということに驚いた。
- 最初の生命のことを温泉の微生物マットから考えることができるのが面白いと感じた。**温泉は原始からあるので、光合成ができなかった生物にとって重要なエネルギー供給源だったのだろうと思った。逆に光合成ができるようになったことで生物が温泉から離れられたことが分かった。**

まとめ

1. 3種類の温泉微生物マットの主体的な観察を通して、**生命の初期の進化とエネルギー代謝との関係についての理解が進んだ。**
2. 主体的な観察，疑問点の話し合い，教員との対話を通して、**主体的な学び，対話的な学び，探究的な学びが進んだ。**
3. **温泉の微生物マットを複数比較**することにより，主体的な観察や，生命の進化やエネルギー変換についての良い教材となることがわかった。
4. **温泉**には，生物教育における微生物マットの他にも，**観察・体験・見聞**を通して学校教育に活用できる**さまざまな資源**があると考えられる。