

自然・環境グループの取り組み ボトムアップ型自然科学 サンゴ型総合学習

高 須 明・福 谷 敏

【抄録】 沖縄研究旅行フィールドワークを出発点にしたボトムアップ型の理科・数学の試み。テーマはサンゴとし、各生徒が持ち寄った問題意識の共有を目指した。

【キーワード】 ボトムアップ型学習、合科、広い意味の理科、サンゴ

1 学習テーマ 寄せ集めて形を作るサンゴ型授業

沖縄研究旅行の行程の第3日目の班別フィールドワークで、「自然・環境」をテーマに選んだ3グループ18名で実験的授業に挑戦してみた。フィールドワークでは、事前に考えたテーマに、取り組んだ。しかし、現実の場所では驚き・感動や当惑・消化不良、テーマによっては肩すかしを感じて名古屋に帰ってきた。この気持ちを出発点として、『沖縄の自然、特に造礁サンゴ』から、手分けして見た事実・体験や疑問を改めて整理し組立直す試みを行った。「自然な疑問」に「自分で気づく」機会とし、さらに18人のおおのの疑問とその調査を全体として1つの授業にまとめられないか模索した。結論から言うと、「造礁サンゴが一つ一つのポリプ（イソギンチャクのような生物）が群れて、結果として、美しい形態を作る」ような学習課程を体験できた。つまり、調べる対象が「サンゴ」というだけでなく、学習の過程・形態も「サンゴ」にまねた「ボトムアップ」型のもので成立するという経験ができた。最後の研究授業の最中に、生徒のよく準備した授業の取り組みに、嬉しくて、わくわくしながら聞かせてもらうことができた。予想を遥かに越えた面白いサイエンスとの出会いになったと思う。

2 生徒の感想から

ボトムアップの形態でものを学ぶ体験は、その核心を伝えるのが難しい。生徒がどういう感じ方をしたか、「授業の感想」を最初に載せたい。

感想1 私たちの班は、サンゴについて調べることになった。最初は“何者”なのかもわからないサンゴ、何を調べればいいのかも分からなかった。ただ、

イメージは、楽園の島、白い砂浜、綺麗な色をした海、そんな単純なものしか浮かばなかった。動物か植物かそれすらもわからない…そんなスタートだった。

しかし、今こうやって振り返ってみると、一人一人が、あらゆる視点でサンゴを調べ、難しい話もあったろうが、自分の知識の中でそれらを身につけていったと思う。発表するみんなを見て、そう感じた。私自身、不安もたくさんあった。本は内容が難しすぎて、理解するのに時間がかかったし、調べを進めていけばいくほど、他の疑問が生じてくる。担当外のこととかは、その担当の人に聞いてみたりして、いろいろ教えてもらった。資料や情報を分け合ったりしたことで、みんなで調べあげられたような気がする。ありがとうございました。お疲れさまでした。

感想2 総合人間科の発表に、いろいろな所からたくさんの人が学校にきて、地学室も生徒と参観の人でいっぱいになりました。そんなたくさんの人を見て、私も、そしてみんなも少し緊張している様子でした。しかし授業が始まると、みんなタイムテーブル通りにてきぱきと自分の発表をこなしてゆき、良い研究授業になりました。前日のリハーサルでは使わなかった、自分たちで作ったB紙をはって説明する人もいて、とても分かり易かったです。それぞれ違うテーマをよく調べて、考えてあって、サンゴという動物、その周りの生物についての発表、サンゴに影響を与えること、サンゴから分かることについての発表、サンゴ礁についての発表と、内容も色とりどりで、すごいと思いました。最後にみんなの発表で分かったことの報告もまさに最後のまとめにふ

さわしい内容で、最初から最後まですごい授業でした。みんなすごかった。

3 1年間の沖縄総合学習の中で不思議な位置

高校2年の目標は「人権・平和」を主たるテーマとして位置づけられている。その高校2年総合人間科の最大の行事が11月中旬に実施した沖縄研究旅行である。事前研究を含め中心となるのは「沖縄の人々の戦争体験・基地の現状・沖縄の生活」に触れることとなる。研究旅行行程の4日の内3日間は、全体で行動し、「戦争体験者の経験を聴き、沖縄の基地問題を学ぶ」ための見学や講演に参加した。また、残りの1日間は、各班（6名程度）ごとにテーマを決め、フィールドワークに出かけた。

研究旅行そのものとしての学習成果は、当初の目標を達成したものと思われるが、総合人間科の学習としては、軸として取り組んだ研究旅行の成果をどのように活用し、他の学習につなげ、学習者個々の「生きる力」として発展させるかという点が残されている。

これらのことを念頭に、本授業においては、研究旅行のフィールドワークでのテーマを出発点として、見た事実・体験や疑問を改めて整理し組み立てなおす中で、より具体的で発展的な問題への「気づき」をはかることを目標とした。とりわけ、広い意味で「サイエンス」の切り口から、その目標達成の糸口としたい。

例年は研究旅行のまとめに使う時間をこの授業のため振り当てた。特に、生徒の「研究収録」は、単に、記録集という中途半端な形になった。生徒が沖縄で見てきた「人権・平和・国際理解」について考えを深め、自分で考えたことをまとめ直す研究の部分を省くことになった。各研究授業での、生徒の取り組みは教科ごとにことなるため、相当時間準備した「生徒自身の研究」を記録する場所が与えられなかった。このため、当初より予想された「木に竹を接ぐ」という問題点は残ったままであった。

しかし、この研究授業にいたる総合人間科の授業経過や研究授業は、予想外の収穫があった。犠牲を払った分を差し引いても、生徒および担当教官にとっても感動のある授業となった。

4 はじまり 12月18日（土）

この日の目標は、フィールドワークのまとめ・今後の研究授業までのガイダンスをする。特に、「生徒の手になる授業」にどう作りあげていくか生徒と相談する。

具体的には次の3点を授業およびその後の班長会で

確認した。

- ① 各班の班長からの事前学習で考えた研究テーマに対して、フィールドワークで深まった理解や残った疑問点、新たな疑問点を報告してもらう。（班員は班長さんの報告からキーワードをメモする）
- ② 2月22日の授業の作り方について話し合う。生徒同士が教え合う授業を提案する。
- ③ 次回までに個人・班長・担当教官のやるべきことをはっきりさせる。

この日の授業では、沖縄でのフィールドワークの報告と各班のフィールドワークの研究テーマに沿ってどんなことがわかったか考えてみた。またここを出発点として授業を全員の生徒で組み立てる方法についても話し合った。緩やかに「サンゴ」（仮の大テーマ）で統一しながら、お互いに教えあう形の授業を作ってみることにする。班ごとに中テーマ（フィールドワークの経験を出发点としたもの）を相談した。この時点で「サンゴ」は「造礁サンゴ」を中心に扱うことに統一した。

B組4班 自然—沖縄の動植物

「沖縄（サンゴ礁）の海洋生物」や「海洋生物の毒」など琉球大学の上江田先生のところで聞いてきたことを出发点として調査する。

B組5班 「海」サンゴ礁を通じて環境を考える

環境とサンゴの関係をいろいろな視点から、琉球大学の森先生のところから聞いてきたことを出发点に調査する。

C組6班 サンゴについて

沖縄県庁文化環境部自然保護課の比嘉尚哉さんに質問したことを出发点として、サンゴのはなしを初めて聞く人へ「サンゴ入門」と「サンゴの保護行政」についてまとめる。

個人個人の疑問点や興味から調査したいことを小テーマとして、班単位で話し合い列挙してみた。そのテーマが、班をまたがって重複しないよう授業後の班長たち（以下、この「班長たち」は班長・副班長・まとめ係りを指す）で調整することとし、さらに、誰がどのテーマを担当するかの大筋の案を作った。

仮の大テーマ「サンゴ」をつなぎとした個人のQ&A集（小辞典）をまず作ることを確認し、その内容から授業を作ることとし休み中の課題とした。各人の仮の小テーマは授業中の各班の話し合いで、考えた分担を班長会ですりあわせ、次のようになった。

- B組4班THさん (本人の希望で) 総まとめ担当
 B組4班SIさん イソギンチャクとサンゴ
 B組4班HSさん (班長) 土地と海の関係・班のまとめ
 B組4班OMくん 毒の話
 B組4班HYくん 毒の応用
 B組5班SNくん (班長) 炭素吸収メカニズム・班のまとめ
 B組5班AMくん 白化現象について
 B組5班YDさん サンゴの産卵
 B組5班KTさん サンゴから(環境の)何がわかるか
 B組5班SNさん サンゴ礁を地形的に見ると サンゴの分布
 B組5班HTさん サンゴの周りの環境
 C組6班ODくん 刺ほう動物の仲間
 C組6班ODくん (班長) 体のつくり・班のまとめ
 C組6班KBくん サンゴとサンゴ礁の働き
 C組6班IDさん (サンゴへの) 赤土被害の実態
 C組6班TGさん (サンゴへの) 赤土被害の対策
 C組6班THさん オニヒトデの害の実態
 C組6班HMさん オニヒトデの害とその対策

多少の重複はかまわないこととして、この小テーマで休み中にB4原稿一枚くらいの第1稿を作ることとした。各人の小テーマについて、大きく重複すると思われるテーマについては、相手の人と話することを指示した。

班長会を持ち、翌日各メンバーに伝えたのは次のことであった。

「冬休み中の課題」としては、「冬休み明けに、配布したB4縦の用紙に小テーマ(疑問文の形が望ましい)とクラス・班・氏名を見出しにした下書き原稿(生徒19人に見せるためのもの)作ってください。生徒手作りの図や絵のある自分でわかりやすいと思うものを目指してください。班長さんへ提出、コピーするので原稿は濃く書くこと。」とした。

「その後の授業の進め方」としては「1月29日の授業で『読み合わせ』をし、班長または「まとめ」の人は、発表用のまとめを準備する。また、小テーマについては、お互いにアドバイスしあって、さらに、楽しく理解しやすい形に作り直し清書をする。順調にいけば、発表の仕方の方も相談する。」とした。具体的には、もう少し詳しく次のように伝えた。

1. 各人の小テーマの確認

一人2分程度で、各人の小テーマの紹介と自分の原稿を読むと何がわかるかを宣伝する。クエスチョ

ン「一つの疑問文」の形で予告する。次のような例を示した。

【例】たとえば、小テーマが「サンゴ入門」とすると、『私が担当したのは、「サンゴ入門」です。私たちが、フィールドワーク先に訪問依頼の電話をかけたとき、聴かれた疑問を載せます。Q. サンゴは動物・植物?私の記事を読むと答えがわかります。次の疑問はまぎらわしい。Q. サンゴ礁では光合成が行われるから、サンゴは植物?この答えもわかります。…調べてみて、意外だったのは、「サンゴ同士が激しい生存競争をしていること」です。見所は…」というような調子で事前に考えてください。

2. 研究授業のアイデア

各人の発表を聴いた後、まとめとしてふさわしい、(研究授業のときの)授業のアイデアを考えてもらいます(短時間)。

3. 原稿について

各班で、下書き原稿を読み合い。終わったら、清書原稿を作成する。清書原稿の印刷は、各班の記録の人に手伝ってもらって、2月5日までに行う。小テーマの原稿印刷完成(各班の「まとめ」部分と「表紙目次」を除いて小辞典の完成)。

4. 今後の授業の流れの例

(複雑なので省略)

5 第15回 1月29日

この前に、LTを1時間もらい小テーマ原稿について、検討・作成する時間をもてた。また、この時間は予告通り各人の「小テーマ」を疑問文でまとめたものを発表しアドバイスを他の生徒からもらうのが前半の目標であった。班長達が集約した原稿や「Q(クエスチョン)」を報告しておいてもらい(答えは言わないという約束で)、それを、「小テーマの調査目標(どんな疑問に答えるのか)の説明」をまとめ、アドバイスを書き込めるプリントを配布した。その「Q」は、この段階では12月19日の確認したテーマと同じものがほとんどであったので略する。この日の口頭の発表で、生きた表現の疑問文が次々と出始めた。発表を聞いた人からの感想やさらなる疑問、テーマの「わかりやすさ」・「わかりやすさ」などがでた。また、発表の順番や構成についてもアイデアが出た。

一方、班ごとのまとめ方のアイデアを募ったが、こちらは難しく、特にC組6班がテーマが2つに分かれ

た状態となった。まとまりそうにないことや各班での重複も見られ、生徒からも、逆に、サンゴの序論的な部分の必要性も感じられた。班長の「まとめ」の部分は、班ごとの統一が難しい部分もあるので、班長とブレーンの会で、全体を1つの発表になるようにできそうな機運が持ち上がる。ここで、中テーマはひとまず留保して、統一した「学び合い」の場の具体案を班長達は時間をかけて授業後話し合ってくれた。

この時間の後半の時間は、班ごとに各人の原稿作成を中心になった。お互いにアドバイスしたり、お互い知っていることを教え合いながら発表のイメージを作るなどの時間とした。各人の小テーマから出た具体的な「Q(疑問)」の答えはあえてこの段階では「言っではいけない」としたことが今後の授業の作り方ではポイントであった。自然な形で、答えを聞かないと気持ちが悪いと言う状態になった。具体的な「Q(疑問)」の順番を考える段階で、授業計画も見えてきた。授業時間の不足も懸念された。この日から数日間て他生徒へのアドバイスを伝え、「小テーマ」や「Q」への確定させた。次回からは、「班長会」からの授業計画の説明と各人の原稿清書・授業発表の準備を予定する。

6 第16回 2月6日

「班長会」からの授業計画の説明と授業発表の準備を中心に各人の作業を行う。

発表順の確定

発表順を確定し、座席も並び直す。特に、班ごとの中テーマは、一応棚上げにして、発表順がとなりあうテーマが重なり合う発表グループが自然に出きる。当日の配布資料の確認する。(発表順は2月22日に載せる)

疑問文の洗練

発表グループで、各人のQを、サンゴ関係の具体的な質問文に直す話し合いをする。

発表計画

発表グループの持ち時間(数分を予定)での発表方法や準備をする。一人ずつ自分のQにわかりやすく答えることを含めて、図や写真を準備。全体の流れはグループで相談する。

授業計画予告

2月22日の授業の流れを確認。

資料(小辞典)完成

小テーマ清書原稿の印刷の日を決める。まとめ原稿は小テーマ原稿が遅れているので難航、まとめの原稿作りは断念し、Qの一覧表と「総まとめ」THさんが口頭で担当することとした。資料完成読み合わせは2月19日。

この段階では、何とか原稿を作り・発表できるレベルの人から数十分かかる濃厚な授業を考える生徒まで、すすみ具合に差がでるが、「授業を作ること」自体の取り組みは全員のものとなってきた。個人レベルでのリハーサルを授業後相談に来る生徒も増えてきた。

7 第17回 2月19日、前日準備 2月21日

ここでは、同グループ内の数人ずつが組になり、清書原稿の読み合わせと授業構成の工夫を進めながら、一方で、黒板を使った通しのリハーサルを司会者・まとめの担当者たちで、発表者にアドバイスをしながら、全体ストーリー性を持たせる進行や要求をした。前日のリハーサルでは、タイムテーブルを作りおよそ倍の時間の発表を「サンゴ」を中心にした立体的な授業ができるように、焦点を定めかつ互いの発表の分担を整理する作業を行った。2月6日の発表順の決定の項を中心にテーマも少しずつ1つの授業を意識し、班長・まとめ役を中心に整理し直した。

清書原稿をまとめ、各人のテーマとくに疑問の答えをまとめた。「小事典」(B4用紙25枚程度)を完成させ、もう一度、各人の考えた「疑問」(2月22日の記事の各人のテーマ参照)を確認した上、一人一人が部分を担当した授業が張り合わさってどんな授業ができるかを楽しみにして、研究協議会を持った。

8 2月22日 研究協議会当日

司会生徒2名と各班長が進行の手伝いをし、まとめ役の生徒が全体の隠れた指揮をする形で、順次生徒が前にでて授業をする形で進行した。最後にまとめ役B組4班のTHさんがの生徒が、我々の気づくことのできたことをまとめた。生徒の感想がそのときの気持ちをよく表わしている。以下は発表順の簡単な記録である。

司会者C組6班長MZくん

この授業の位置や生徒のここまでの取り組みの紹介と本日の目標について説明した。

サンゴ(造礁サンゴ)との出会い

司会者B組4班長HSさん

テーマ：土地と海の関係

Q「沖縄でみた鍾乳洞(ガマ)や海岸は？」

我々が南部戦跡とし見学をスタートしたアブチラガマも隆起したサンゴ礁の地質がもたらしたものであった。サトウキビもこの地質が影響していた。岩本さんに話を聞いた大度海岸の地形も隆起珊瑚礁の地形に、砲弾の痕跡が残ったものであった。沖縄研

究旅行のはじまりからサンゴはそばにあったことを注意した。

生物としての(造礁)サンゴ

B組4班 SIさん

テーマ：イソギンチャクとサンゴ(のポリプ)との違いは？」

サンゴはポリプが群れたものだが、その一つのポリプ自体はイソギンチャクの似た動物であることを説明した。

B組4班 SIさん C組6班 MGくん

テーマ：サンゴと褐虫藻

Q「褐虫藻とは何か？」

サンゴが植物か動物かという問いに対しては、動物と答えるべきである。しかし、一方で、体内に光合成する褐虫藻を育てている。このことについて説明した。

B組4班 SIさん C組6班 ODくん

テーマ：刺ほう動物(サンゴの群体)

Q「サンゴ礁でみるサンゴの群体の形は？」

イソギンチャクと同じようなサンゴのポリプが石灰質の骨格を持ち寄り集まって我々の知っているテーブルサンゴや樹状のサンゴの形を作る。

B組5班 YDさん

テーマ：サンゴの産卵

Q「サンゴの種・卵はいつ生まれるか？」

神秘的で美しいサンゴの産卵のを中心に、サンゴの卵から成長していく過程を分かり易く説明できた。

B組5班 SNさん

テーマ：サンゴの分布

Q「サンゴの厚さは？」

Q「なぜ沖縄とハワイのサンゴの深さの違いができるか？」

Q「断層ボーリングで何がわかるか？」

限られた海水温と海面下数メートル範囲に育つサンゴの現在の分布を示した。また、サンゴ礁の生成はダーウィンの沈降説を説明した。地殻変動で地面が垂直に沈降する場所でのサンゴ礁のでき方の説明をした。沖縄ではボーリングをしてみると数十メートル(20メートル強)で、ダーウィンの沈降説で考えられるより薄い。これは沖縄の地殻変動が斜めの変化(大陸プレート)と関係するのではないかと締めくくった。

B組4班 OMくん (B組4班 HYくん)

テーマ：生物毒とその利用法

Q「どういう物質が毒であるのか？毒物の定義とそ

の範囲は？」

Q「毒性の強さとはかり方は？(サンゴ・イソギンチャクの毒)」

もともと毒そのものに興味をもっていたOMくんは、琉球大学上江田先生のところでも海洋生物の毒を調べていた。毒とは何か、どう測定するかを説明して、特に、イソギンチャクやサンゴの毒の中にそれら生物由来の毒の中でももっとも強力なものがあることを説明した。

サンゴと環境

B組5班 HTさん

テーマ：サンゴの周りの生物

Q「サンゴの生息する綺麗な海はなぜ生産性が高いのか？」

Q「サンゴの周りに住む生き物とサンゴの関係は？」
一般に、生物生産が盛んなのは豊栄養の水域で、水が綺麗なところは生物が多くは住めないのが常識だ。なぜ、サンゴ礁では、綺麗で透明な海で、しかも生物も豊富にいるのか？サンゴのポリプの中にいる褐虫藻の光合成が一つの答えであり、もう一つは、平坦な海面に新たにサンゴの骨格が作る地形が考えられることを述べ、その中で代表的な生物を紹介した。

C組6班 KHくん

テーマ：地球の大気の変化について

Q「今の大気はどうやって出来たのでしょうか？」
次のSNくんの話と合わせて、サンゴは意外に大きな仕事を地球の大気の状態を作る役目を果たしたことを説明した。地球が出来て、大気の中に酸素が現在の状態になるまでに海洋のCO₂を蓄え続けたのが広い意味で骨格を石灰岩に変えていく生物で、その中でもサンゴは中心の生物であったことを説明した。

B組5班(班長) SNくん

テーマ：CO₂循環について

Q「化石燃料により放出されたCO₂はどこに吸収されるか？」

SKくんは意欲的に地球規模の炭素循環をどう記述するかを高校1年生の時から考えてきた。理学部小川先生に指導を受けた。この2年生の段階で、大気、海洋表層、海洋中深層、植生、土壌、地殻についての循環の微分方程式を漸化式(差分方程式)で代用して、数値でとらえようと意欲的に取り組んでいた。この沖縄で見たようなサンゴ礁が海洋表層のCO₂の循環ではどのような意味を持っているか説明した。単純に増加し続けるCO₂を光合成と自らの骨

格を作る2つの形で固定化している。サンゴ礁は熱帯雨林を減らすこと以上に重大な影響があることを説明した。数値的説明を試みたりハーサルでは苦しんだが、ほとんどが文系の生徒からなる授業として分かり易い説明のため、相当工夫して取り組んだ。

B組5班 KYさん

テーマ：サンゴより何がわかるのか？

Q「サンゴと気象はどう関係しているか？」

Q「サンゴによって環境の何がわかるか？」

Q「サンゴの化石によって何がわかるか？」

B組5班の人たちの説明からサンゴは海洋の温度や地殻の変化の影響を受ける。化石やサンゴ由来の地質を調べると逆に昔のその場所の様子が分かる。また、年輪や日輪にあたるものがあり、地球の公転周期がかつて400日であったことも分かる。このような驚きを説明した。

B組6班 ATくん

テーマ：白化現象

Q「'98年、沖縄の水深2メートル以浅で、90%ものサンゴが死にました。その原因は…？」

白化とは、サンゴのポリプ中から褐虫藻が逃げ出してしまふ現象である。褐虫藻はサンゴ礁の光合成の源なので大事件な訳である。逃げ出す原因はストレス。この98年の白化は主に海水温の上昇によるものであった。エルニーニョや台風の到来数も影響した現象と言うことである。

C組6班 FKさん THさん

テーマ：オニヒトデの害

Q「オニヒトデとサンゴの関係は？」

Q「サンゴがいなくなったらどうなるのか？」

Q「オニヒトデの駆除法は？」

Q「オニヒトデはどこで見られるか？」

沖縄のサンゴを減らす現象として伝えられたオニヒトデの害について、調べた。オニヒトデそのものについてとサンゴの捉え方。爆発的被害はあとで述べる赤土や生活排水による海水の豊栄養化も関係している。また、駆除方法として、外国の例なども紹介した。1個体ずつ駆除する方法が現状で莫大な費用と人手が必要なことを説明した。

C組6班 ISさん TGさん

テーマ：赤土汚染

Q「赤土汚染とは？」

Q「沖縄では今までに赤土問題に対してどのような対策がとられてきたのか？」

Q「赤土等の問題が沖縄の人々にどのような影響を与えているのか？」

サンゴの海を傷つけるだけでなく、沖縄の大切な土壌の流出の問題でもある問題である。「赤土被害」と

は、1972年復帰以降、亜熱帯の沖縄の自然条件を無視して農業排水を効率化し、サンゴの石灰分の後に残った土壌(赤土)を効率的に海に流してしまった。また、農地造成も追い打ちをかけた。サンゴにとっては海が汚れ体内の褐虫藻の光合成が出来なくなり死に至る。原因が分かっているので、行政や開発の姿勢の問題であることが分かった。

B組4班 THさん まとめ

まとめ役のTHさんは、2回の各人の発表準備につきあい授業を班長さんたちと流れをつくってきた。結果として、参加生徒個人個人に全体像がわかるよなまとめが出来た。

高須教官からの講評

地学をとった人もいない、理系の人も少数派の中で、一人一人が疑問とその調べた答えを持ち寄って予想以上の授業が作られたことをほめていただいた。

以上が授業の内容である。このようなボトムアップ型の授業にできるとは指導教官にも予想できなかった。一つ一つバラバラな説明の羅列になることをおそれた。しかし、一人一人の持ち寄ったことを、他の生徒の調べたことと準備段階からつきあわせ教え合いながら、最後の発表では、「サンゴ」について、「総合的な視点」を共有できるようになった。またこの中の数人は理学・農学の進学を固めていくこととなった。