

# SSHサイエンスキャンプの実践

－北海道のSSH研究指定校合同宿泊学習の取組－

岡本 研・三浦 治彦・宮腰 幸樹・木下 温

北海道のスーパーサイエンスハイスクール研究指定校3校は、北海道立教育研究所附属理科教育センターと連携し、科学の発展的なテーマを設定した探究活動や参加者同士の交流を行うことにより、創造性や独創性を育むことを目的とした宿泊学習を行った。その取組の成果と課題について報告する。

[キーワード] スーパーサイエンスハイスクール 体験型 宿泊学習 サイエンスバトル

## はじめに

2010年夏、スーパーサイエンスハイスクール指定校である北海道室蘭栄高等学校は、北海道立教育研究所附属理科教育センター及び北海道立教育研究所に協力を要請し、科学の体験型宿泊学習「サイエンスキャンプ」を実施した。<sup>\*1)</sup>この際は参加生徒数10名と小規模な事業であったが、大変充実した内容であり、道内の他のSSH指定校2校にも呼びかけ、3校合同で実施することにより、大きな成果をあげることが予想されたため、昨年度のうちに指定校合同での実施を計画していた。本年度、室蘭栄高校が実施内容について理科教育センターと検討し、道内SSH指定校2校に呼びかけ、以下の仮説のもと、今回の3校合同サイエンスキャンプが実現した。

### [サイエンスキャンプの仮説]

北海道内の全てのSSH研究指定校が合同で、北海道立教育研究所附属理科教育センターと連携し、科学の基礎と応用を様々な視点から学ぶことにより、創造性や思考力が育成されるとともに、表現力が向上し、研究の成果や意義をわかりやすく伝える方法について理解を深めることができる。

## 1 実施概要

- 日程  
平成23年9月23日～9月24日
- 場所  
北海道立教育研究所附属理科教育センター（江別市）
- 参加校
  - ・北海道室蘭栄高等学校（4名）
  - ・北海道札幌啓成高等学校生（12名）
  - ・北海道旭川西高等学校（14名）
- 実施内容
  - ①物理の実験・実習「挑戦!熱気球作り-力を合わせ巨大気球をつくろう」
  - ②地学の実験・実習「エルニーニョになると北海道はどうなる?」,「天体のかくれんぼ(食)を学ぼう」
  - ③化学の実験・実習「キッチンルームの化学」
  - ④生物の実験・実習「はっはっはっはっ葉っぱの統計学”違い”って何だ?」
  - ⑤考えながら交流しよう「サイエンスバトル」
- 講師  
【理科教育センター】  
佐々木 淳センター次長（物理担当）  
北澤 新主査（生物担当）  
村田 一平研究研修主事（化学担当）

伊藤新一郎 研究研修主事（物理担当）  
 加藤 誠 研究研修主事（生物担当）  
 松田 素寛 研究研修主事（物理担当）  
 木下 温 研究研修主事（地学担当）  
 柳本 高秀 研究研修主事（地学担当）

## 【SSH校】

岡本 研 教頭（室蘭栄高校：サイエンスバトル担当）

## 2 実験・実習

〔実習1〕物理のものづくり体験型実習  
 「挑戦！熱気球作り～力を合わせて巨大気球をつくろう～」

物理の実習では、ものづくり体験型の実習として全員が協働で巨大熱気球を製作した。まず、物理実験室で小さな熱気球を用いて、熱気球にはたらく力を確認し、気球内の空気の温度を何℃にすると気球は浮く（上昇）のか、条件式から計算して求めた。このことにより、熱気球はサイズと重量から、内部温度の上昇によっていつ上浮するのかを予測することができることがわかった。

次に、全員体育館に移動し、4つの班に分かれて熱気球の部品（13枚のシート）をビニールで製作し、組み立てる作業を行った（図1）。組み立て後、小型ジェットヒータと扇風機を使って、気球内に熱風を入れ、赤外線温



図1 熱気球の部品製作

度計を用いて気球の温度上昇を調べることに  
 より、先に学んだように、気球浮上のタイミ  
 ングを予想することができた。「温度上昇から  
 考えるともうじき浮上する」と予想されてか  
 らややしばらくするとフワリと気球が上昇し、  
 ただ浮かぶのを待つのは異なる大きな満足  
 感を得ることができた（図2）。この実習は非



図2 浮かんだ熱気球

常にダイナミックで印象的な実習であるが、  
 前段で気球の浮上について科学的にアプロ  
 ーチしていたことが効果的であった。

〔実習2-1〕地学の実習「エルニーニ  
 ョになると北海道はどうなる？」

ENSO（＝エルニーニョ南方振動）現象  
 の原因と考えられている風による海洋（深層）  
 の変動について、モデル実験を行った。

ポリスチレンで作製した細長い容器に水を入  
 れ、水よりも密度の大きい薄めた牛乳を漏  
 斗を使って静かに容器の底に流し込む。中央  
 部をサランラップで覆い、容器の端から掃除  
 機で液面上の空気を吸うと、界面が波立ち、  
 牛乳の層が掃除機と逆側に偏る現象を観察し、  
 エルニーニョ現象のメカニズムについて理解  
 を深めた（図3）。

次に、気象庁が出しているNINO3（エ  
 ルニーニョ監視海域）観測データを使い、デ  
 ータ解析の実習を行った。その結果、「今年の

夏は暑かったからラニーニャだった」という生活感覚と観測データによる評価とは、必ずしも一致しているとは限らないということがわかった。

しも一致しているとは限らないということがわかった。



図3 エルニーニョ再現モデル実験

[実習2-2] 地学の実習「天体のかくれんぼ(食)を学ぼう」

地学の実習は、気象分野と天文分野の同時2展開の選択制で行われたが、天体分野を選択した生徒の方が多く(29名中25名)、近年の理科教育に関する実態調査でも示されたように<sup>\*1)</sup>、高校生のこの分野への人気の高さがうかがわれた(図4)。

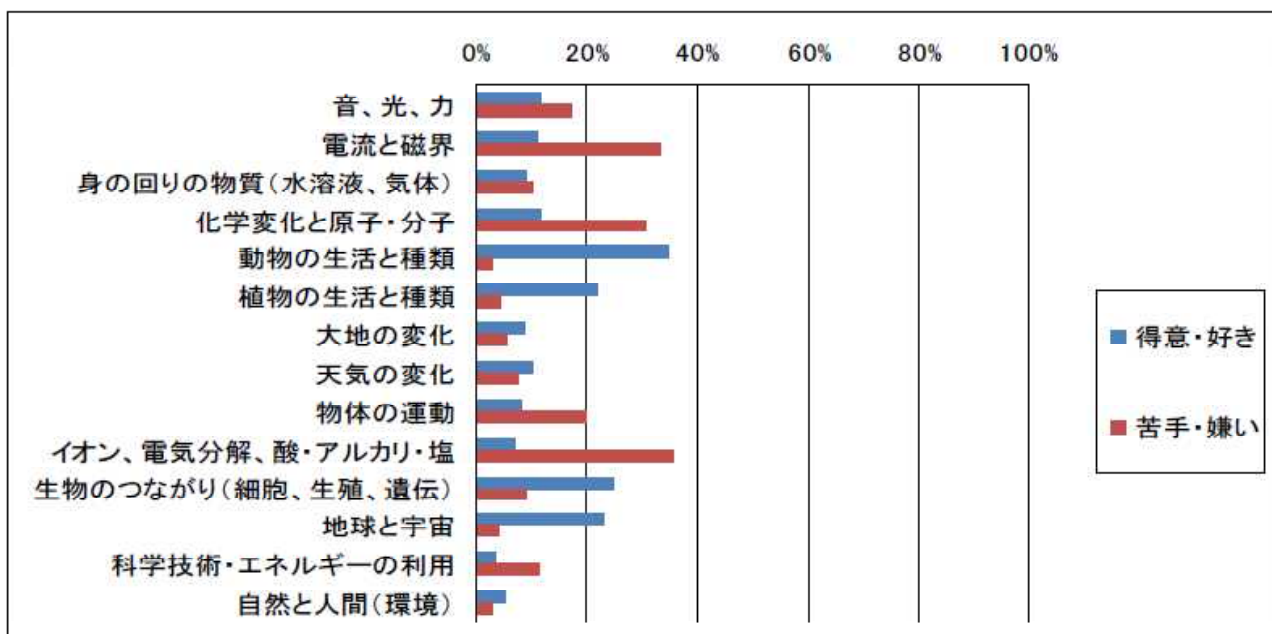


図4 高校2年生の理科の得意・不得意分野(道立理科教育センター, 2010より)

まず、太陽系を構成している太陽、地球や土星などの惑星、地球の衛星である月の位置関係やサイズの違い、公転や自転などの運動について、モデル実験を行いながら解説された。中でも、地球儀と電球、モニターを組み合わせて皆既日食と金環日食を再現するモデル実験はオリジナリティが感じられる優れたモデル実験であった(図5)。次に、地球からの月の見え方、日食の仕組みについて説

明を受け、皆既日食が見える範囲を求める計算を行った。

後半は、針金、ピンポン球、グルーガン等を使って、各自で月や内惑星の満ち欠け観察用の簡易なモデル実験装置を製作した。生徒は、月や内惑星の満ち欠けの原理は理解していても、実際に自分の目で確かめることは難しい。しかし、この装置を自分で操作することにより満ち欠けを目の前で再現することが

でき、単純な構造ではあるが“実感を伴った理解”が得られる装置であった。



図5 日食を再現するモデル実験

[実習3] 化学の探究的な観察・実験「キッチンルームの化学」

味覚について確認し、うま味成分であるグルタミン酸の結晶化に成功した研究者の池田菊苗について学んだ後、味の素からグルタミン酸の結晶を取り出す実験を行った(図6)。グルタミン酸モノナトリウム(弱酸の塩)から結晶を取り出すため、塩酸を用い、グルタミン酸を遊離させ、結晶を水に溶かし、ニンヒドリンを加え湯せんを行い、変化を観察した。紫色、淡い紫色、無色(透明)の違いが観察され、アミノ酸の変化について確認することが出来た。

[実習4] 生物の探究的な観察・実験「葉っぱの統計学“違い”って何だ？」

研究所の庭に生育している1本の桜の樹木から、陽葉と陰葉を各班30枚ずつ任意に採取し(図7)、葉の長さや幅を測定し、両者の形態の違いがあるかを調べた。葉の形態の違いの有無は、想定値(平均値)の単純な比較ではなく、JSTATという統計処理ソフトウェアを使うことにより統計的に評価を行った。

仮説を立て、サンプル調査を行い、データを統計処理し、有意水準と比較して有意差の有無を決定し、最終的に評価(判断)するという手順を踏まないと、学术论文にはならないという、今後の研究活動には重要な知識を学ぶことができた。

また、この実習は空欄のあるレポートを書きながら進める形式であったが、結果や考察の記入に定型文を用いさせるというユニークな方法であり、実験レポートのまとめ方についても具体的に学ぶことができた。



図6 「キッチン化学」の実験

<参考>結果や考察の書き表し方

【結果】○○したら○○になった。

【考察】○○になったことから、○○であると考えた。  
その理由は、○○だからである。



図7 陽葉・陰葉のサンプリング

### 3 サイエンス・バトル

サイエンスキャンプの最後は、「考えながら交流しよう！サイエンス・バトル」という企画を実施した。「サイエンス・バトル」とは、講師より「科学的 content に関する問題」が出題され、それに対してグループで討論し、考え方や解答をプレゼンテーション（解答を導い

た根拠や理由を説明）し合い、その後講師が演示実験等を行うことにより、提案された意見について検証し、出題の意図や現象が起こる理由について解説し、理解を深めるという形式の学習方法であり、今回のキャンプを企画し、筆者の一人である室蘭栄高校の岡本が考案した学習プログラムである（図8）。

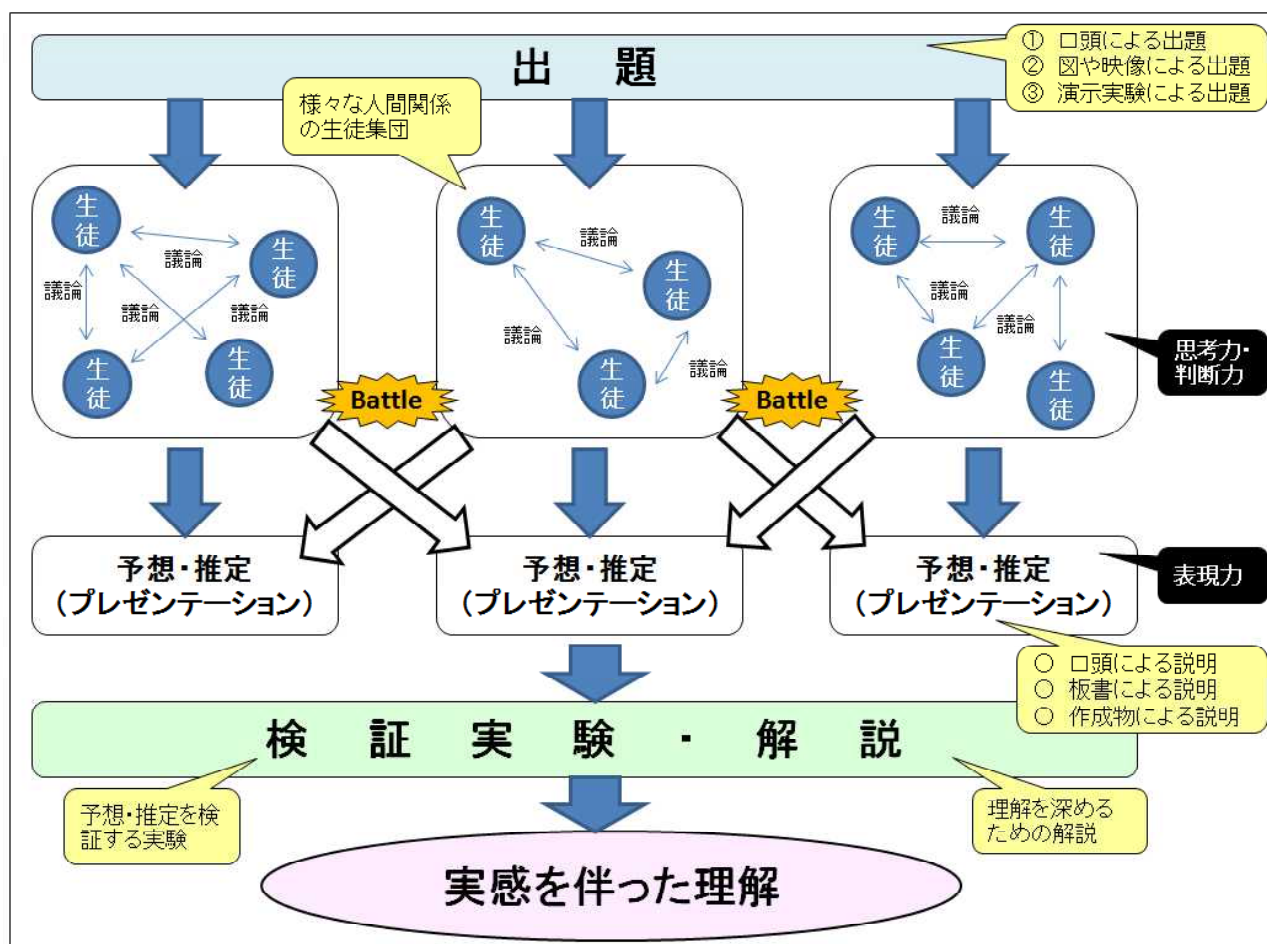


図8 サイエンス・バトルの概念図

出題に際しての留意点は、①生徒が結果や原理を知らない（気づいていない）内容であること、②中学校までの知識で科学的に考察可能な内容であること、③結果や原理についての検証が可能な内容であること等である。

[問題1] 台風は進行方向に向かって右側（東側）の方が風速が強いのはなぜか。

最初の問題は口頭による出題であった。台風の周囲に吹く風については、天気予報などでよく見かけるものであるが、出題のような現象は学習しておらず、知識として持っている生徒もほとんどいないと考えられるが、中学校2年生で低気圧に吹き込む風については学んでおり、台風を運ぶ風との合力を図示することによって解答を導くことができるはずの出題である。ポイントは「台風は、台風を

移動させる南から北に吹く風によって北上する」ことに気づくかどうかというところにある。第1問ということで全ての班に発言させたが、ほとんどの班が正しい考察ができていた。しかし、考察を端的にわかりやすく説明することについては不十分な面もあり、表現力の差が大きく感じられた。

〔問題2〕伊良湖岬と南伊勢の気象データ（風向の時間経過による変化）より、台風の移動ルートを考えよ。

不特定の位置の風向の経時変化データと地図が配付され、不完全な情報から現象を推定するというタイプの出題であった。これも低気圧に吹き込む風向や風力を読むことで台風の進路を推定することができるが、記号化されたデータを扱うことになれていないためか、簡単な出題と思われたが意外に時間を要した。これも全ての班に解答させたが、紙を切り取



図9 実物投影機での説明

って説明のための“道具”を作成し、実物投影機を用いてプレゼンテーションする班が出現し（図9）、2問目にしてすでに表現方法の工夫が見られた。

〔問題3〕満月の季節による高度変化について説明せよ。



図10 地球儀で説明

口頭による出題である。生徒は、中学校3年生で太陽の季節による高度変化については非常に詳しく学んでいるが、月に関する学習は小学校4年生時であり、月の高度についてはこれまで全く学んでいない。この問題は月が「満月」の状態であることがポイントであり、満月の時は月は地球から見て太陽の反対側に位置することから、太陽の季節による高度変化と逆になる。この解答には図示して考えることが絶対に必要であり、全ての班が図によって考察していた。講師が地球儀や大きなボールを用いて大きなスケールで現象をわかりやすく解説し、理解を深めさせた（図10）。

〔問題4〕レール上に並べた鉄球4個の一端にネオジウム磁石を置き、磁石に鉄球をぶつけるとどうなるか。

いわゆる“ガウス・ガン”の有名な実験である。始めに磁石を置かずに鉄球をころがしてぶつけて見せ、エネルギー保存の法則について説明した後、磁石を置いた場合について考察させた（図11）。

生徒の立てた予想は、「①鉄球は磁石にくっついてしまい、すべて停止する」、「②反対の端に置かれた鉄球が勢いよく飛び出す」というものであった。実際に実験を行うことで検証したところ、②の予想通りとなった。この



図11 条件を変えての実験

現象は、ころがした鉄球が磁石に接近した際に磁力で引き寄せられて速度が増し、強く衝突するために反対の端に置かれた鉄球が勢いよく飛び出したためと解説されたが、磁石の強さによって①の予想のようになる場合も考えられ、両者とも科学的に正しい考察であると結論づけられた。

磁石を置いたときと置かないときという、条件を変えた場合での考察という出題パターンであり、段階的な科学的思考という意味で大変効果的な出題方法であり、実際に現象を見せることができるため、生徒に興味を持たせ、意欲を引き出すことができた。手軽な実験でもあり、生徒からは「学校でもやってみよう」との声も聞かれ、各校でも行われる可能性が感じられた。

[問題5] ビー玉スターリングエンジンが動く仕組みを説明せよ。

理科教育センターの研修講座で扱っている、ビー玉と試験管とアルコールランプで作成した「スターリングエンジン」が動き続ける様子を見せ、なぜ動き続けるのかを説明させる問題である(図12)。これまでの4問とは異なり、始めに演示実験を行ってから考察させるタイプの問題であり、試験管の端でビー玉と空気が加熱され、ビー玉と空気の移動、空気

の膨張と収縮がどのような順で起きているのかを整理する必要がある、相当な難問である。生徒はじっと装置を見つめ、図をかきながら考察し、討議していたが、断片的な意見が少しずつ出されていくことにより、最終的には全体で正解にたどり着くというプロセスとなった。

講師から手書きの解説図(スターリングエンジンの動きが過程ごとにイラスト化されていた)が配布され、「短時間でイラストをつくるのも理科や科学にとっては大事な力である」という話があり、それもひとつの大切な表現力であり、理科における言語活動のひとつであることを伝えることができた。



図12 実験から原理を考えさせる

[問題6] 白色の円柱に斜め上から赤い光を当て、その45°斜め上から緑の光を当てるとどうなるか。図をかいて説明せよ。

この問題は、光の三原色に関する問題である。学習指導要領では光の三原色は扱われていないが、中学校の教科書の一部では発展的な学習として扱われている。この問題も、図をかいて考えることが必要となるが、頭でイメージした光と影をかくことに苦戦していた。部屋を暗くして実際にこの実験を行って見せたが、驚いたことに生徒から出た多くの予想

の中に正解はなかった。世の中に「RGB」という言葉がこれほど普及している時代であっても、光の色の合成については知識が不十分であることがわかった。科学の知識には比較的自信を持っていると思われる集団であるが、簡単と思われたこの問題の成績が悪かったことは、生徒達にとって衝撃的なことだっただろう。

サイエンス・バトル全体を通して、生徒達は表情も明るく生き生きとしており、2時間に渡り白熱した議論が展開され、表現力の育成という観点でも効果的な内容であった(図13)。見学していた教員からは「この方法は授業でも活用できる」との意見も聞かれ、思考力、判断力、表現力を育成することができるこの学習方法は、より多くの教育現場や科学コミュニケーションの場で教育効果をあげる可能性がある。



図13 発表と議論

#### 4 評価

今回のサイエンスキャンプに参加した生徒のアンケート結果を示す(参加者29名)。

##### 【1日目のプログラム 熱気球・天体・エルニーニョ】

Q1 今日のプログラムは、理解しやすいものでしたか。

- ① 15名                      ② 14名

- ③ 0名                      ④ 0名

Q2 今日のプログラムは、興味のもてる内容でしたか。

- ① 15名                      ② 14名

- ③ 0名                      ④ 0名

Q3 今日のプログラムは、自分の思考力・表現力を高めるのに有効な内容でしたか。

- ① 13名                      ② 16名

- ③ 0名                      ④ 0名

##### 【2日目のプログラム キッチン化学・葉の統計・サイエンスバトル】

Q1 今日のプログラムは、理解しやすいものでしたか。

- ① 11名                      ② 18名

- ③ 0名                      ④ 0名

Q2 今日のプログラムは、興味のもてる内容でしたか。

- ① 18名                      ② 11名

- ③ 0名                      ④ 0名

Q3 今日のプログラムは、自分の思考力・表現力を高めるのに有効な内容でしたか。

- ① 14名                      ② 12名

- ③ 2名                      ④ 0名

※無回答1名

##### 【各実験・実習の自由記述より】

(1) 熱気球の作成実習

- 複雑な単位換算の計算ができるようになった。
- 気球をつくるときに必要な計算を仲間達と協力して行うなど、楽しく勉強することができた。
- 熱気球の原理はわかったつもりだが、計算は複雑でうまくできなかった。

(2) 天体の実習

- ピンポン球とワイヤーを用いた教具



を用いて月の動きを理解することができた。

- 食について知らなかったが今日のプログラムを受けて欠ける場所が異なる理由や日食が頻繁に観察されない理由がわかった。
- 太陽・地球・月のスケールが教科書の図から受け取るよりだいぶ違うため、月が地球の影にいつもならないことがわかった。

### (3)エルニーニョ現象の実習

- エルニーニョ現象についてわかったので、その知識を今後の生活に生かしていきたい。
- エルニーニョ・ラニーニャ現象のもたらす影響を調べることができた。
- エルニーニョ・ラニーニャ現象の授業をまた受けたい。

### (4)葉の統計学

- 統計的手法をこれからの研究に役立てたい。
- 統計学の学習は日常の様々な内容に通じていることがわかった。
- 葉の統計解析を通じて、現象を冷静に分析することが大切だと感じた。葉の実習は、平均を出して比較するだけと思っていたが、他の手法があることがわかった。
- 統計的な違いを判断するための過程がとても面倒で難しく感じた。

### (5)キッチンの化学の実習

- 身近な食品の味の素の実験が良かった。
- うまみの成分は意外に知らないことが多かった。
- 普段の授業ではできない体験ができた。

### 【サイエンスバトルの自由記述より】

- サイエンスバトルが一番楽しかった。
- 自分で考えて発表したり、他人の発表を聞くのは楽しかった。他人の意見には「なるほど」と思うことが多かった。
- サイエンスバトルで自分がわかったつもりでも実際は違っていることが多かった。
- 月の高度や光、台風の動きを自分たちで考えることで教わるだけによりも楽しく学ぶことができた。
- サイエンスバトルでいろいろなことを仲間と一緒に勉強できて本当に良かった。
- 今まで考えてかなかったことが次々と出てきて、ものすごく頭を使った。
- サイエンスバトルでは仲間と協力して問題を解き、自分にはない知識を元に考える体験を通じて視野が広がった。
- サイエンスバトルで自分の思考力が足りないことがわかった。自分で考えることの大切さを学んだ。問題も解説も面白く、楽しむことができた。
- 久しぶりに自分の意見を言うことができた気がする。たまには、このような交流もいいと思った。
- 他校の人達と意見を言い合えるのは楽しかったので、また、このような機会があればいいと思った。
- 問題について考えるとき、日常的に「なぜ」と疑問を持ち続けることは大変であると感じた。

### 【全体を通しての自由記述より】

- 課題研究で活用できそうなことが多く、本キャンプに参加して良かった。
- 新しく知ったことが多く、現在自分

が好きなこと以外にもいろいろと興味が湧いてきた。

- 理科のいろいろな分野の実験を実際にやりながら勉強できて、すごく楽しかった。
- 同じ高校の友達も他校の友達も増えた。
- 初めはあまり交流できなかったが最後はいろいろな人達と交流ができるようになった。
- 普段できない実験ばかりでとても良い経験になった。いろいろな人達と交流できて良かった。
- 全体を通して今回のキャンプはとても楽しかった。ものづくりの分野では自分の不器用さを痛感させられた。

## 参考文献

- 1) 北海道室蘭栄高等学校 スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書【第2年次】 pp.61-63 サイエンスエキスパートキャンプ 2011
- 2) 北海道立教育研究所附属理科教育センター 北海道における理科教育の充実を図るための調査研究－第4回本道の理科教育に関する実態調査－調査研究報告書 2010

(おかもと きわむ 室蘭栄高校教頭)  
 (みうら はるひこ 札幌啓成高校教諭)  
 (みやこし こうき 旭川西高校教諭)  
 (きのした あつし 地学研究班長)

## 5 まとめ

参加した生徒は、道内SSH指定校が交流できたことはとても良い経験になったことや、今回の経験を今後の学校生活に生かしていきたいと語っており、当初の仮定は立証されたと考えられる。また、自由記述においてサイエンスバトルに対する評価が突出して高く、記述量も多かった。このことは、実施したプログラムの内容や方法が今回の母集団に対して整合していたと考えることができ、次年度以降の計画において参考にしたい。

今回のサイエンスキャンプの活動全般に渡り、全国唯一の都道府県立の理科教育センターならではの充実した内容が展開され、生徒は大変有意義な時間を過ごすことができた。また、北海道で初めてのSSH研究指定校の生徒同士の合同事業でもあり、互いの交流を深めることができたことはもちろんのこと、教員同士の交流や、互いの刺激という面でも成果があった。今後も理科教育センターと連携を深め、充実した教育活動を展開していきたい。