

## ②令和元年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発の成果と課題

## ① 研究開発の成果

## (1) 【目指す生徒像(Can-Do リスト)】について

※「Ⅷ資料編 資料 1」参照

2・3次生徒全員を対象に、1年次「白堊研究Ⅰ」を受講したことで、本計画における【目指す生徒像(Can-Do リスト)】に関する項目が向上したかの自己評価を行った。「資料1図9」よりほぼすべての項目に対して、約6割の生徒が向上したと回答した。サイエンス科は、全体的に評価が高い。「白堊研究Ⅱ・Ⅲ」を継続して行ったことで、さらに向上したと考える。本研究は「科学的ディスカッションができるリーダーを育成するための研究」であり、研究スキルの向上とともにディスカッション能力の向上も図っている。そのため、ディスカッションに関する項目の評価が全体的に高い。サイエンス科はさらに高く、「白堊研究Ⅱ」において茨城大学工学部大学院生チューターを配置した成果と考える。評価の低い項目は、「項目10 普段の生活で、数学の知識を使って、物事を説明すること」「項目11 普段の生活で、具体的な数値目標を設定すること」「項目12 数学的知識を利用して、事象の予測をすること」「項目13 自ら表やグラフを作成し、活用すること」など数学的リテラシーの部分であった。今後、サイエンス科から改善を図りながら、他の生徒にも数学的リテラシーを意識する活動を検討したい。「項目11 普段の生活で、具体的な数値目標を設定すること」については、2年次で高く、3年次で低い。生徒の活動を観察したとき「やること」が目的化し、本来の「目的・目標」が明確ではない生徒が多いことに気づいた。そこで、現2年次より「白堊研究Ⅰ」の「基礎スキル研修」に講座「目的・目標とは」を開設した。それにより項目11が改善されたと考える。また、今年度より、本研究の評価は、「資料1図9」のようなグラフに評価平均を表示し、評価の見える化を図ることとした。評価平均は、評価項目をそれぞれ点数化し、算出する。グラフ上部を高評価、下部を低評価とすることで、評価の低い項目が明確化された。今後、このグラフを含め本研究の評価を明確化し、さらに目標達成を図りたい。

## (2)サイエンス科3年次におけるSSHの取組に参加したことでの興味、姿勢、能力の向上

※「Ⅷ資料編 資料 2」参照

サイエンス科3年次は、第3期計画を入学時から実施した生徒である。「資料2図12」は「SSHの取組に参加したことでの興味、姿勢、能力の向上」について生徒に自己評価してもらい、1年次から3年次まで並べたものである。ただし1年次は、全生徒（普通科・サイエンス科を含む）を対象にしたものである。2年次に評価が落ち込んだ項目もあるが、ほぼすべての項目で評価が高くなった。3年次で評価の高い項目は、「周囲と協力して取組む姿勢」「考える力」「成果を発表し伝える力」「粘り強く取組む姿勢」だった。1年次あるいは2年次からの評価平均が0.4以上向上した項目は「観測や観察への興味」「社会で科学技術を正しく用いる姿勢」「粘り強く取組む姿勢」「考える力」だった。本校のSSH第2期計画では、「周囲と協力して取組む姿勢」が低いことが課題研究で、研究内容が深まらない要因と考えた。それを改善するために第3期計画を立てた。「周囲と協力して取組む姿勢」が向上したので、まず1つ、目標が達成できたと考える。

## (3)「白堊研究Ⅱ・Ⅲ」による生徒の研究スキルの変容

※「Ⅷ資料編 資料 3」参照

「白堊研究Ⅱ」と「白堊研究Ⅲ」における生徒の研究スキルについて、教員によるルーブリック評価を実施した。「白堊研究Ⅱ」では、9月にA4用紙1枚両面による中間報告書と口頭による説明について、12月と2月はポスター発表について評価した。「資料3図13」のように、「発表態度」の評価は低下したが、それ以外の項目は2月に評価が向上した。「発表態度」の低下は、教員が生徒に求める水準が、回数を追うごとに上昇したためと考える。その上で、他の項目の評価が上がったことは、生徒の研究内容や研究に対する理解が深まり、ポスター作成や質疑応答に反映されたためと考える。「報告書」の評価はポスターの見やすさを表し、「質疑応答」はディスカッション能力の高まりを示したものである。本研究では、茨城大学工学部大学院生をチューターとして配置し、生徒に対して質問を投げかける役割を担っていただいている。生徒は、チューターから質問されることで研究や考察の根拠を確認するようになってきた。生徒の研究スキルの向上はチューターの活動による部分が大きいと考える。

「白堊研究Ⅲ」は、「白堊研究Ⅱ」で行った研究を論文にまとめる科目である。生徒は必要に応じて追加実験を行った。「報告書式」は論文の見やすさ、「結果取扱」はデータ解析の仕方、「考察力」は結論に至る論理性を表す。「白堊研究Ⅱ」の研究の深まりが論文作成にも生かされ、「白堊研究Ⅲ」に対する教員の評価は非常に高い(図 14)。生徒は、自分の研究内容を理解し、しっかりした論文が作成できたと考える。

これらの結果より、本研究は計画通り、ディスカッションの機会を設けることで、研究の深まりも確保できたと考える。しかし、「結果取扱」に対して、「考察力」がわずかに低い。教員は、論理性をもっと高められると考えているようだ。今後、論文作成時における論理性の向上のための指導法の検討していきたい。

#### (4)サイエンス科3年次生徒によるSSHの評価

※「Ⅷ資料編 資料4」参照

サイエンス科3年次生徒に、本校SSHの取組についてアンケートを実施した。生徒は、3年間のSSHで良かったと思う事業や成果を上げることができた事業として、サイエンス科で履修するSSH科目「科学英語」「白堊研究Ⅱ」「白堊研究Ⅲ」を高く評価している。普段の授業では習得が難しいスキルの獲得ができたと感じたためと考える。1年次全員が履修したSSH科目「白堊研究Ⅰ」「白堊科学A・B」も挙げられている。3年間の「科学講演会」も評価が高く、最先端で活躍する研究者の言葉がサイエンス科の生徒に大きな影響を与えたと考える。校内で行った「SSH研究発表会ステージ発表・ポスターセッション」「SSH成果発表会インデクシング・ポスターセッション」、県内の高校生が一堂に会する「茨城県高校生科学研究発表会」など生徒自身が発表などを行い、プレゼンテーション能力やコミュニケーション能力を向上させる機会も評価が高い。希望者のみで実施した「海外サイエンスセミナー」も挙げられている。アメリカの広大な土地と最先端施設、パークレー研究所での天文研修等によって、生徒は大きな夢を持つことができたと考えられる。

3年間のSSH活動を通して興味や能力が向上した項目として、「科学に対する興味関心」「科学に対する理解・知識」「プレゼンテーション能力」、次いで「実験・観察する能力」「自主性・積極性・挑戦心」「コンピュータ操作」が挙げられている。SSH計画における「白堊研究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ」が効果的であったと考える。また、「白堊研究Ⅱ」は「社会と情報」を代替しているが、その機能を十分果たしていると考えられる。

SSH活動で困ったことでは、「発表準備の大変さ」「時間外活動の多さ」「部活動との両立」が上位にあがる。これは「白堊研究Ⅱ」の評価が高いことと相反する。それだけ生徒が真摯に取り組んできたことが窺える。「特に困らなかった」をあげている生徒もいるが、学校生活を計画的に進めることができた生徒だと考える。

SSH事業は、生徒から高い評価を得ており、第3期計画は十分成果を上げていると考える。

#### (5)課題研究に関する科目「白堊研究Ⅱ」の研究開発

「白堊研究Ⅱ」の目的は、課題研究を進めていく中で、研究スキルを向上させるとともに、主体的・対話的な学びを体験し、対話的な学びが、深い学びにつながることを実感させることにより、研究におけるディスカッションの重要性に気づかせ、併せて、生徒のディスカッション能力を向上させることである。茨城大学工学部と高大接続の在り方の研究も行う。その一つとして大学院生をチューターとして配置し、生徒のディスカッション能力の向上、課題研究の進め方の研究を行っている。その評価として、研究発表、論文、ポスター、スライド等や研究過程における主体性、ディスカッションに対する貢献度について、自己評価、教員による評価を行った。

##### ア. 年間計画について

「白堊研究Ⅱ」において、最も時間を要するのは、テーマ決定である。1年間で研究を完成させるためには、年度当初から研究を始めることが重要である。そこで、サイエンス科生徒は、1年次「白堊研究Ⅰ」の「テーマ研究」においてグループ編成・テーマ設定を行った。それにより、半数以上の生徒は4月にはテーマが決定し、5月には研究を開始した。研究内容を深めるためには、発表の機会が重要と考え、9月に分野毎の中間発表会、12月に校内ポスター発表会、2月に校外に向けた「SSH成果発表会」を実施し、スライドを用いたインデクシングとポスター発表を行った。

##### イ. 教員による「ルーブリック評価」

※「Ⅷ資料編 資料5」参照

1回目は、9月6日の中間発表会で行った。生徒は、8月までの研究内容をレポートにまと

め、分野内で発表し、研究内容の検討を他のグループの生徒や教員と行った。その際、1グループに対して2名の教員がルーブリック評価(資料5表2)により、その時点でのグループ毎の研究内容等を評価した。グループごとの評価について、発表態度、テーマ・目的設定、計画性の観点では、A評価(Sを含む)が80%以上を占め、おおむね標準的な水準またはそれ以上(AまたはS)の発表を行うことができたとして評価できる。一方、質疑応答のように知識・理解に基づく観点の評価はその他の評価に比べてA(Sを含む)の割合が低い。知識に伴う科学的な論理性を理解できておらず、十分に知識を活用できないためと考える。

2回目は、11月22日にサイエンス科内ポスター発表会で行った。1グループに対して2名の教員が評価(資料5表3)した。A評価は、9月に比べ、低下した。研究が進むにつれて、教員の評価する眼が厳しくなった(教員の評価スキルが上がった)こと、生徒においても研究が深まるにつれ、要因が複雑化して、論理的に説明できなくなったためと考える。ディスカッション能力は向上しているが、研究内容を論理的に説明しきれない分、評価が下がったと考える。あと2回(2月と3年次6月)の発表会があるので、生徒の成長を評価していきたい。

#### ウ. 生徒による自己評価

※「Ⅷ資料編 資料6」参照

生徒に対して7月と1月にアンケートを実施し、「白堊研究Ⅱ」の実施による興味、姿勢、能力の向上について自己評価してもらった。評価平均が0.3以上上がったものは、「項目5 学んだことを応用することへの興味」「項目8 周囲と協力して取組む姿勢(協調性、リーダーシップ)」「項目9 粘り強く取組む姿勢」「項目10 独自のものを創り出そうとする姿勢(独創性)」「項目14 考える力(洞察力、発想力、論理力)」「項目15 成果を発表し伝える力(レポート作成、プレゼンテーション)」であった。教員評価とのずれも見受けられるが、今年度の生徒は、向上心が非常に高い生徒が多い。今後の活躍を期待したい。

#### エ. チューター配置に対する生徒の評価(平成30年度より)

※「Ⅷ資料編 資料7」参照

今年度は、チューターを7人配置した。チューター配置に対する生徒の評価は、毎年3月最後の授業で行っているため、平成30年度の生徒評価を基に考察する。

大部分の生徒は、チューターとのディスカッションにより、研究を深めた様子が窺える。必要に応じて、自らチューターに質問をする生徒も見受けられる。しかし、一部の生徒は、チューターをアドバイスしてくれる先輩と勘違いしている面もあり、アドバイスしてくれるのを待っている。そのような生徒は、ディスカッションに関しては消極的な考え方を持っているようである。教員が生徒に対し、チューター配置の意図を伝えきれていないためと考える。今後、しっかりと生徒に、チューター配置の意図を伝えていきたい。生徒がチューターを積極的に活用している場面は、インデクシングのスライドやポスター作成時のようである。チューターに対する感謝の気持ちは、アンケート内の感想に記載されていた。

#### (6) 課題研究実施前に基礎となる資質・能力の育成をするための科目「白堊研究Ⅰ」の研究開発

「白堊研究Ⅰ」は、論理的思考力や表現力、探究心等を高めるとともに、研究の進め方など、基本的な研究のスキルを身に付けさせることを目的とする。論理的思考力等を身に付けるため、国際バカロレア・ディプロマプログラムの中核をなす「知の理論(TOK)」の中から題材を選び、学問的な厳密さについて学ぶ。また、幾つかのテーマについて実験・実習を行い「科学的な考え方」を育成する。さらに自分たちでテーマを選び、研究の計画を立ててみる。これらの研修後、全員がテーマ研究を行う。サイエンス科生徒は2年次「白堊研究Ⅱ」で行う、課題研究のテーマを自ら探し、決定する。

今年度は中間評価に伴い、「白堊研究Ⅰ」を受講したことで【目指す生徒像(Can-Do リスト)】がどの程度達成されたか、2・3年次生全員を対象に調査を行った((1)にて既述)。授業アンケート及び意識調査は、毎年授業2回目と最終回に行っているため、今年度のデータはまだ揃っていない。そのため、平成30年度のデータで考察を行った。

#### ア. 平成30年度の生徒による自己評価

※「Ⅷ資料編 資料8」参照

「資料8 設問1」において、評価平均が0.2以上の低下がみられた項目は、「未知の事柄への興味(好奇心)」「理科実験への興味」「自分から取り組む姿勢(自主性、やる気、挑戦心)」である。白堊研究Ⅰで行った「探究活動」などは、通常授業の実験とは違い、試行錯誤を伴う実験であるため、必ずしも実験が成功するとは限らない。そのことが、評価点が低下し

た要因と考える。しかし、失敗経験の少ない現在の生徒に対しては、有意義な経験をさせることができたと考える。それに対して、0.3以上の上昇がみられた項目は、「成果を発表し伝える力」だった。「探究活動」と「テーマ研究」で合計2回の発表が経験できたためと考える。

全体的に値が低下した項目が多い。これは、「白堊研究Ⅰ」が生徒に対し、学問的な厳密さを学ばせることも目的にしており、それにより値が低下したと考える。

「資料8 設問2」において評価平均が0.3以上の上昇がみられた項目は、「人がどのような考えを持っているか、よく知りたいと思う」「話し合いをしているとき、よく反対意見を言う」であり、「白堊研究Ⅰ」でのディスカッション活動により、ディスカッションを活性化させる手立てが身に付いたためと考える。また、「資料8 設問3」については、「多数決にする」が減少し、「自分の意見を通そうとする」「粘り強く合意点を探す」が増えたことことも「白堊研究Ⅰ」の成果と考える。「資料8 設問4」において、「家族に聞く」が減少し「インターネットで調べる」が増加している。「本を読む」はもともと少なかったが、さらに減少した。生徒に対し、本を読むことの大切さも指導していきたい。

#### イ. 生徒の能力向上に効果的な「白堊研究Ⅰ」の講座 ※「Ⅷ資料編 資料1 設問3」参照

「資料1 設問3」より、「白堊研究Ⅰ」で生徒が能力向上に効果があったと考える講座を検証した。各年次ともに実践的に活動する「探究活動」「テーマ研究」、また「批判的思考力」の評価が高い。「批判的思考力」は「知の理論」を参考とした講座である。生徒の科学的スキルを向上させるため、「知の理論」は有効と考える。「資料1 設問1 項目11」は、3年次で低く、2年次で高い。3年次では実施せず、2年次から開講した講座は「目的・目標とは？」である。このことが影響していると考えられる。この講座は、現2年次において年度当初に行った。全体的に2年次の評価の高いことと講座「目的・目標とは？」の関係については、今後検討したい。

#### (7) 運営指導委員会における評価

今年度、SSH 運営指導委員に7人を迎え、6月、9月、2月に SSH 運営指導委員会を開催した。

第1回は、「SSH 研究発表会」に参加いただき、午前中は「白堊研究Ⅲ」の代表5グループ、科学系部活動の代表の物理部、中学校の代表の科学部の口頭による研究発表を見ていただいた。研究の進め方、発表の仕方、質疑応答について目標を達成していると評価いただいた。午後は「白堊研究Ⅲ」や中学校3学年「サイエンスリテラシー」のポスター発表について見ていただき、粘り強くディスカッションできるようになっていると評価をいただいた。

第2回は、「白堊研究Ⅰ」における「探究活動」の初回の授業を観察していただいた。物理分野は、生徒に対し、水の浄水についてグローバルな視点から導入を図っており、それにより生徒は高い意識で「探究活動」に取り組んでいるとお褒めの言葉をいただいた。その他の分野においても、生徒同士がディスカッションをしながら探究活動に取り組んでおり、結果が楽しみだとの言葉をいただいた。その後の会議では、本校のSSHの取り組みについて、本研究は、「知の理論」を取り入れた「白堊研究Ⅰ」の基礎スキル研修、チューターを配置した「白堊研究Ⅱ」、茨城大学工学部や日立製作所等、地元との連携により、「科学的ディスカッションのできるリーダーの育成」(=『日立一高型リーダー育成スキーム』)が完成されつつあるとお言葉をいただいた。本研究は、予定通り、成果を上げていると考える。

第3回は、「SSH 成果発表会」において、「白堊研究Ⅱ」におけるインデクシング、及び「白堊研究Ⅱ」、中学校2学年「サイエンスリテラシー」のポスター発表に参加いただき、生徒と交流しながらディスカッション能力を評価していただいた。

#### ② 研究開発の課題

##### (1) 【目指す生徒像(Can-Do リスト)】について

本計画では、【目指す生徒像(Can-Do リスト)】を掲げ、育てたい生徒像を明確化している。今年度、【目指す生徒像(Can-Do リスト)】を基に「意識調査」の項目を作成し、2・3年次対象に「白堊研究Ⅰ」を受講したことによる【目指す生徒像(Can-Do リスト)】の達成度を調査した。その結果、生徒に数学的リテラシーが身に付いていないことが分かった。そのため、サイエンス科生徒に「白堊研究Ⅱ・Ⅲ」の機会を用いて、数学的リテラシーを身に付けさせたい。今回は、質問項目を「白堊研究Ⅰを受講したことにより」としたが、今後は、普通科に対しては「白堊研究Ⅰや総合的な探究の時間を通して」、サイエンス科は「白堊研究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを通して」に変え、【目指す生徒像

【Can-Do リスト】が達成されているか調査していく。

## (2) 「白堊研究Ⅱ・Ⅲ」における研究スキルの評価方法

「白堊研究Ⅱ」は、「課題研究」を行うことにより生徒の研究スキルとディスカッション能力の向上を図ることを目的とする。評価対象は、報告書、ポスター、研究発表である。現在、評価の機会を9月、11月、2月に設定し、校内で作成した「ルーブリック評価」を用いて、生徒のスキルの向上を確認することができた。しかし、毎年的人事異動により、本校に赴任して初めて「課題研究」を担当する教員がいる。そのため、評価にあたっては、評価規準を確認する打ち合わせの時間が必要であり、評価規準を確認しても評価に教員間のばらつきが発生する。評価規準に具体性を持たせる試みも行ったが、数学と理科の研究では質が違うなど基準の統一が図れない問題もある。ベスト（あるいはベター）な「ルーブリック評価」の完成を目指し、試行錯誤を続けている。現在は、評価のばらつきを低減するため、1グループに対して2名の教員で評価を行っている。生徒の評価は、客観性を持たせるため、指導担当者以外の教員が評価できるように、発表の機会を設けて行っている。発表は授業時間で行う。その分だけ生徒の研究時間が減少してしまうのがデメリットであり、評価する機会が多いほど研究の質を高められるのがメリットである。現在は、生徒の研究へのモチベーションを高めるため、「プレゼンテーション能力の向上」に重きを置き、評価回数を年3回確保し、その上で「研究内容の深まり」を期待している。今後は、「白堊研究Ⅱ」の研究内容で論文を作成する「白堊研究Ⅲ」の評価方法や指導方法を検討し、「研究内容の深まり」や研究スキルの向上を目指したい。

## (3) 「白堊研究Ⅰ」の授業と評価の方法の改善について

今年度、2・3年次対象に「意識調査」を行うことで、「白堊研究Ⅰ」による【目指す生徒像 (Can-Do リスト)】の達成度を確認することができた。しかし、生徒の様子を見て、「探究活動」「テーマ研究」さらには「白堊研究Ⅱ」において、「基礎スキル研修」の内容を、実践的に活用している生徒は約半数と考える。そのため、さらなる授業改善と、習得を測る評価方法の見直しが必要と考える。活動内容は、ディスカッション能力を高めるため、グループで行う。授業中の作品は、協働作業によるもののため、個人評価はできない。そこで、「振り返りシート」による自己評価をさせているが、生徒により自己評価が甘い生徒、厳しい生徒がおり、同一には評価できない。現在、他者評価や教員評価をフィードバックする機会を設け、自己評価を訓練する場が必要と考え、検討中である。

## (4) 「指導マニュアル」の作成

研究スキルなど、生徒の能力を向上させるためには、活動中に、その能力を使う機会を設ける必要がある。すべての担当者には、生徒にその機会を与えるスキルが必要である。また毎年、生徒のスキルも異なる。そのため、「指導マニュアル」を毎年、改訂している。「白堊研究Ⅱ・Ⅲ」についても「指導マニュアル」を作成・改訂している。最終的に、教員だけでなく、生徒も活用できる「白堊研究の進め方マニュアル」を完成させたい。

## (5) 中高6年間を見通した研究開発について

本校は、附属中学校において「総合的な学習の時間」の約1/3～半分を利用し、「サイエンスリテラシー」を3年間継続的に実施している。現在、附属中学校から高校に入学した生徒(内進生)が、「白堊研究Ⅰ」「白堊研究Ⅱ」を受講している。それらの生徒は、研究の形を整えることはできているが、研究内容を深めるところにまだ課題がある。しかし、中学の教育段階において「サイエンスリテラシー」の時間は、「科学的な興味・関心」を高める大切な時期と考える。実際、「白堊研究Ⅰ」の「探究活動」において、内進生が主体的・積極的に活動している。従って、附属中学生には、もっと楽しく研究をさせたい。その上で、高校の評価方法を通して、中学時代に研究をするにあたり、身に付けてほしいスキルや研究・発表等の作法を明確化するなど、中高連携した生徒育成の研究開発を進めたい。