

米国ノーザン・アリゾナ大学における STEM 教員養成プログラムの概要と評価

Overview of the Professional Development of STEM Teachers Program at the Northern Arizona University, United States

奥村仁一

Northern Arizona University Center for Science Teaching and Learning
静岡市立清水桜が丘高等学校

米国は実社会の課題を主体的、領域横断的に解決する STEM 教育を推進する。米国の STEM 教育を担う教員養成カリキュラムの日本での報告は少なく調査研究の意義は高い。今回ノーザン・アリゾナ大学の教育プログラムと受講条件等を調査した。参加した授業の学習活動を、日本の「大学生の学習実態調査」の項目と学生主導学習時間の割合に適用した。入門講座のリクルートメント・コースがプログラムへの本登録前に生まれ、学生は教員志望と適正を確認する機会を得た。本登録後カリキュラムで科学と数学の複数教員が領域横断的、実践的講座を段階的に進めた。授業は少人数対象の学生主導、能動的、探究的であった。多くの講座に授業実践実習が生まれ、三次元での学習(3D-Learning)に基づく「科学のかつ工学的実践」の授業案作成や技術活用があった。理論を教育現場で実証するエビデンス・ベースの実践的学習プログラムであった。

キーワード：米国教員養成プログラム、STEM 教員養成、教育実習、授業実践実習

1. はじめに

1.1. 米国の STEM 教育の現状

米国では科学教育において STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育改革が進行している。STEM 教育は、科学、技術、工学、数学を領域横断的に学習する教育方法(教育システム)である。実社会や実生活の中から課題を見出し、探究的に課題解決する生徒中心 STEM 探究(Student-Centered STEM Research)により、生徒が自分で主体的に学習を進めるプロジェクト基盤型学習(Project-Based Learning, 以降 PBL と略す)等が行われる(Harland, 2011)。そして STEM カリキュラムでは、グループ活動(group activity)、実験室における探究活動(laboratory investigation)、プロジェクト学習(project)などによる体験的な学習形態が伴う(Bybee, 2013)。

2015 年に「どの学生も成功する法(Every Student Succeeds Act)」がオバマ政権下で成立し、STEM 教育が連邦法で明示された。この法においては、「ハイクオリティの教師、校長、その他の地域の学校リーダーの養成」が法的に明示されている(長洲・出口, 2017; 佐藤・熊野, 2017)。またトランプ政権も STEM 教育を重要視し推進しており、2017 年 9 月に「高品質の科学、技術、工学、および数学(STEM)教育へのアクセスの増加に関する大統領覚書(Increasing Access to High-Quality Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education)」(The White House, 2017)に署名してい

る。この覚書では米国経済を牽引する技術力を育成するためには、コンピュータ・サイエンス教育を含む STEM 教育が重要であると述べている。しかし実情として、多くの生徒が質の高い STEM 教育とコンピュータ・サイエンス教育を受けられない状況にあることを指摘し、教育長官に対し、法律に準拠し STEM 分野で学生に厳格な教育を提供できる教師の採用と訓練を支援することを優先課題とすることや、質の高い STEM 教育の推進に年間 2 億ドル以上の助成金を充てるという目標を設定することを指示したことが示されている。このように、米国では教科中心の教授型から領域横断的な探究型教育へのパラダイムシフトが展開し STEM 教育改革が推進されている(National Research Council, 2000)。この改革に伴って米国の教員養成課程も大きく変化してきている。

米国では急速な STEM 教育の推進が行われているため STEM 教員の需要が非常に高いことが示されている(Teach.com)。米国教育省(U.S. Department of Education Office of Postsecondary Education, 2016)が発行した「1990-1991 年度から 2016-2017 年度における教員不足地域全国リスト(Teacher Shortage Areas Nationwide Listing 1990-1991 through 2016-2017)」にも、各州により違いはあるが総じて STEM 分野の教員不足が示されている。アリゾナ州では 2019 年 1 月時点で教員不足数の 23% が欠員のままになっており、特に STEM 分野の教員不足が深刻であることが示されている(Real Clear Education, 2019)。また全米の学区の半数以上が STEM 分野の教員の採用・維持に苦慮していると述

べている。このように教員不足が問題となっており STEM 教員の需要は高い。

1.2. アリゾナ州およびノーザン・アリゾナ大学の STEM 教員養成の背景

筆者は 2018 年 4 月より、米国アリゾナ州のノーザン・アリゾナ大学(Northern Arizona University, 以降、NAU と略す)の科学教育学習センター(Center for Science Teaching and Learning, 以降 CSTL と略す)で、米国における STEM 教員(中学校・高等学校の STEM・科学・数学の教員)養成の実態について訪問調査を行ってきた。

NAU が所在するアリゾナ州では次世代科学スタンダード(Next Generation Science Standards, 以降 NGSS と略す)は採択しておらず州独自のスタンダードを開発・活用している。しかしその内容は NGSS に沿ったものとなっており(NGSS, 2011: 2013), 科学的かつ工学的実践(Scientific and Engineering Practices)や三次元での学習(3D-Learning (NGSS, 2019), アリゾナ州スタンダードでは 3D-Science と呼んでいる)を行うことを強調している(Arizona Department of Education, 2018)。そしてアリゾナ教育省(Arizona Department of Education)は STEM 教育政策を推進し, STEM 教員の大幅な増員や科学財団アリゾナ STEM イニシアチブ(SFAz STEM)への支援等を行ってきた。2016 年には省内に 21 世紀学習センター(21 Century Learning Center)を設置し(Carmacheal, 2017), STEM 教育推進のためのリソース等を提供している(Arizona Department of Education: K-12 Standards Section-STEM)。更に STEM/CTE 高品質教員専門能力開発パイロットプログラム(STEM/CTE High Quality Teacher Professional Development Pilot Program)を設定し, STEM 教員の養成支援も行っている(Arizona Department of Education: Educator & School Excellence)。

なお米国において「STEM 教員」とは、「STEM 教育のスキル, 指導力を持った教員」を示していると考えられる。「STEM」は「科学」「数学」のような教科ではなく, 教科をまたがる領域横断的な「学習法」である。したがって「STEM 教員」は「実社会・実生活に関連する課題を教材として領域横断的に生徒の主体的かつ探究的な学習指導ができるインストラクター(指導者)のスキルを持った教員」を指していると考えられる。NAU CSTL では第一専攻(first major, 以降 FM と略す)で「科学」「数学」分野の科目を選択した学生に対し, その専門科目をベースとして領域横断的に STEM 教育を指導するためのスキル(指導力)を持つ STEM 教員の養成を行っている。

2. 調査・研究の目的と方法

2.1. 調査・研究の目的

米国における教員養成課程に関して調査・研究した報告は, 教員養成課程の変遷についての Labaree(2018)の論文や, Ravitch(2003)の「A Brief History of Teacher Professionalism」(U.S. Department of Education)等が見られ, 科学教員養成に関する歴史的变化および考察等については, 科学リテラシーの視点での DeBore(2000)や, 教育プログラムについての Dass & Yager(2009)等が見られる。また, STEM 教員養成プログラムに関する研究報告は多数が見られるが, 先行研究をまとめて考察した Wilson(2011)に多くの研究報告を見ることができる。Wilson は STEM 教員養成について, 大学には 1200 以上のプログラムが存在し 130 以上の「代替ルート」と少なくとも同数の導入プログラムが存在すると述べている。米国は州の独自性が認められているため国による基準は基本的に存在せず, 各大学ごとに多様なプログラムで教員養成が行われていると考えられる。

一方, 日本における米国の教員養成についての報告は, 日本の教員養成との国際教育比較の視点からジョージア大学について(松本, 2010)やウイスクンシン州立大学について(成松・梅澤, 2018)調査・研究したもの等が見られる。しかし近年急激に推進されつつある領域横断的な STEM 教育を担う教員養成がどのように実施されているのかについての概要や実態を, 実際の授業に一定期間参加し調査・報告したものは管見の限り見当たらない。

そこで本研究では, 米国における STEM 教員養成の概要を調査し報告することを目的とする。調査対象は NAU CSTL で実施されている STEM 教員養成プログラムとした。CSTL が実施している教員養成プログラム(Professional Education Program: PEP, 以降 PEP と記す)は NAU Teach とネーミングされている。NAU CSTL の概要および NAU Teach を調査対象とした理由は, 以下の第 3 章に示す。

2.2. 調査・研究の方法

調査は, 主として 2 種類の方法で実施した。1 つ目として「NAU Teach 学生ハンドブック(NAU Teach Student Handbook)」の内容分析を中心にプログラムの全体像を把握する調査を実施した。記載内容について不明な点は, CSTL の教員に聞き取り調査を行ったり, NAU Teach のベースとなった UTeach(後に説明する)の採用大学を中心に実施された UTeach STEM Education Conference 2019(2019 年 5 月 20 ~ 23 日, テキサス大学オースチン校で実施)に参加し, 情報収集および質問調査を実施した。調査結果

は第4～6章に示す。

次に2つ目の調査として、NAU Teachの授業を一定期間受講し、STEM教員養成がどのように行われているのかについて調査した。調査内容の詳細と結果は第7章に示す。

最後に2種類の調査結果を示した第4～7章をまとめて、第8章に示す。

3. NAU CSTL および NAU Teach の概要

NAUは、アリゾナ州北部のフラッグスタッフ市(Flagstaff)に位置する州立大学である。フラッグスタッフ市は米国初のSTEM cityに認定されたSTEM教育先進都市である。NAUは1899年に教員養成学校として設立され1925年に教育大学となり総合大学へと発展した経緯をもち、教員養成には力を入れている。現在大学全体では7学部・46学科が組織され、教育学部(College of Education: COE)は4学科からなる。NAUの教員養成機関は、アリゾナ州で唯一、教育者養成認定協議会(The Council for the Accreditation of Educator Preparation: CAEP)から全国認定教員教育プログラム(Nationally Accredited Teacher Education)の認定を受けている。なおCAEPは、2013年に既存の団体を統合し設立された公的な第三者評価機関であり、教員養成教育の質の認証評価(Accreditation)を行っている。COEは主として幼児教育、初等教育を中心とした幼稚園、小学校(1st grade–5th grade)の教員養成を行っている。

一方、中学校(6th grade–8th grade)・高等学校(9th grade–12th grade)の科学・数学およびSTEM教員については、高い専門性を育成する目的で環境・森林・自然科学系学部(College of the Environment, Forestry, and Natural Science)内にCSTLを設置し養成を行っている。COE同様、CAEPの認証を受けている。将来、中学校・高校の科学・数学・STEM教員を目指す学生は、学部内の6つの学科から主として学ぶFMを1学科または複数学科選択し、さらにCSTLのPEPを別途選択する。

CSTLが実施しているPEPであるNAU Teachは、テキサス大学でSTEM教員養成のために1997年から実施されているUTeachというPEPをベースとしている。UTeachは全米46大学が採用し(2017年時点)、全米で教員養成が20%近く減少している2008～2012年度にSTEM教員養成が40%近く増加していることが報告されている(UTeach Institute, 2017)。

NAU Teachでは、理論と実践・体験により深い理解を導くことにより科学、技術、工学、数学を融合した高い専門性を持ったSTEM教員の養成ができるとしている。そして教員志望の大学生は受講開始の早期に教育現場体験ができ、自ら教員を目指す意思の

確認と、教員を目指す心構えを考え学ぶ期間を得ることができることが特徴となっている。NAU Teachでは74%の卒業生が教職に定着していることも示されている(NAU CSTL, 2018)。

上記、説明した概要から、以下の理由等によりNAU Teachを調査対象とした。(1)NAUの所在するフラッグスタッフ市は米国初のSTEM cityに認定されたSTEM教育先進都市であり、NAUはSTEM教員養成に力を入れていること、(2)CAPEの認証評価を受けていること、(3)多くの教員養成プログラムが存在する米国において、46大学が採用しているプログラムをベースとしていること、(4)NAU Teachでは74%の卒業生が教職に定着していること、等の理由からである。

4. PEP 選択(本登録)の条件

NAU CSTLでは「NAU Teach 学生ハンドブック(NAU Teach Student Handbook)」を示し、学生にコース選択の詳細を説明している。第4～6章ではこのハンドブックを基にコースの特徴を説明する。

FMは大学2年の終わりまでに選択すればよいことになっているが、多くの学生は1年の終了時まで決めてるのが実情である。PEPは各年次の秋(前期)・春(後)期のいずれからでも選択でき、何年次からでも選択できることになっている。しかしFM決定後でなければならず教員資格取得要件を満たすためには卒業年度が遅れる可能性が高いため、多くの学生は1年次、または2年次秋(前期)からコースを受講する機会が多い。

CSTLの実施するPEPを選択(本登録)するためには、希望学生には以下の条件が課される。

- (1) FMを決定していること。
- (2) 各FMのアドバイザーとの面談・確認済みであること。
- (3) 30単位以上の専門学科科目の修得していること。
- (4) NAU Teachに仮登録し受講する、入門コースであるリクルートメント・コース(Recruitment Course)の2科目およびSTEM教育コース配列(STEM Education Course Sequence)の1科目(TSM301/303)で「C」以上の評価であること。
- (5) 数学基礎学力が「C」以上の評価であること。
- (6) GPAの英語基礎学力が「3.0」以上の評価であること(ただし、3.0未満の場合はGPA3.0以上を達成するために承認されたライティングコースを受験することができる)。
- (7) 全ての専門教科の授業でGPAが2.5以上であること(少なくとも12単位以上取得していること)。
- (8) 上記(7)かつ以下のいずれかであること。
 - ① リベラル研究コース(Liberal Studies course)の累積GPA値が2.5以上であること。

- ② すべてのコースの累積 GPA 値が 2.5 以上であること。
- (9) アリゾナ州公安局(The Arizona Department of Public Safety)から入手可能な州承認の身分証明(Verified Print(IVP))指紋クリアランスカードのコピーを提出していること。

なお仮登録により受講するリクルートメント・コースの 2 科目および STEM 教育コース配列の 1 科目(TSM301/303)の受講のために、学生は各講座毎に 25-30 ドルの受講料を支払わなければならない。

上記の前提条件を満たしたものは、PEP へ本登録の手続きが認められる。申請は、春(3月15日)と秋(10月15日)の年 2 回行うことができる。また PEP へ本登録した学生は、さらに登録料 800 ドルを追加で支払わなければならない。途中で止めても返金はされない。

5. NAU Teach のコース設定及びその講座と内容

NAU Teach と呼ばれている PEP では、特に STEM 教員のニーズに焦点を当て 3 つのコースが設定されている(図 1)。

5.1. リクルートメント・コース

仮登録により受講する Step.1, 2 の 2 段階制で講座が行われ、迷っている学生も含め将来教員を目指す可能性のある全ての学生が参加可能な入門講座(採用講座)となっている。中・高等学校の STEM, 科学, 数学の教員を目指す学生達は必ず受講しなければならないが、何学年からでも受講することができる。講座は以下の 2 講座である。

Step.1 : 教授への探究的取り組み

(Inquiry Approaches to Teaching)(TSM-101)

Step.2 : 探究基盤型学習の設計

(Inquiry-Based Lesson Design)(TSM-102)

Step.1 では 3 grade から 6 grade の授業観察実習が 3 時間と 3 時間分の授業実践実習が含まれており、

Step.2 では 7 grade または 8 grade の授業観察実習が 2 時間と 3 時間分の授業実践実習が含まれている。この Step.1, 2 の授業および現場での体験実習により、学生は教員志望の意志と適性等について考える機会が与えられる。

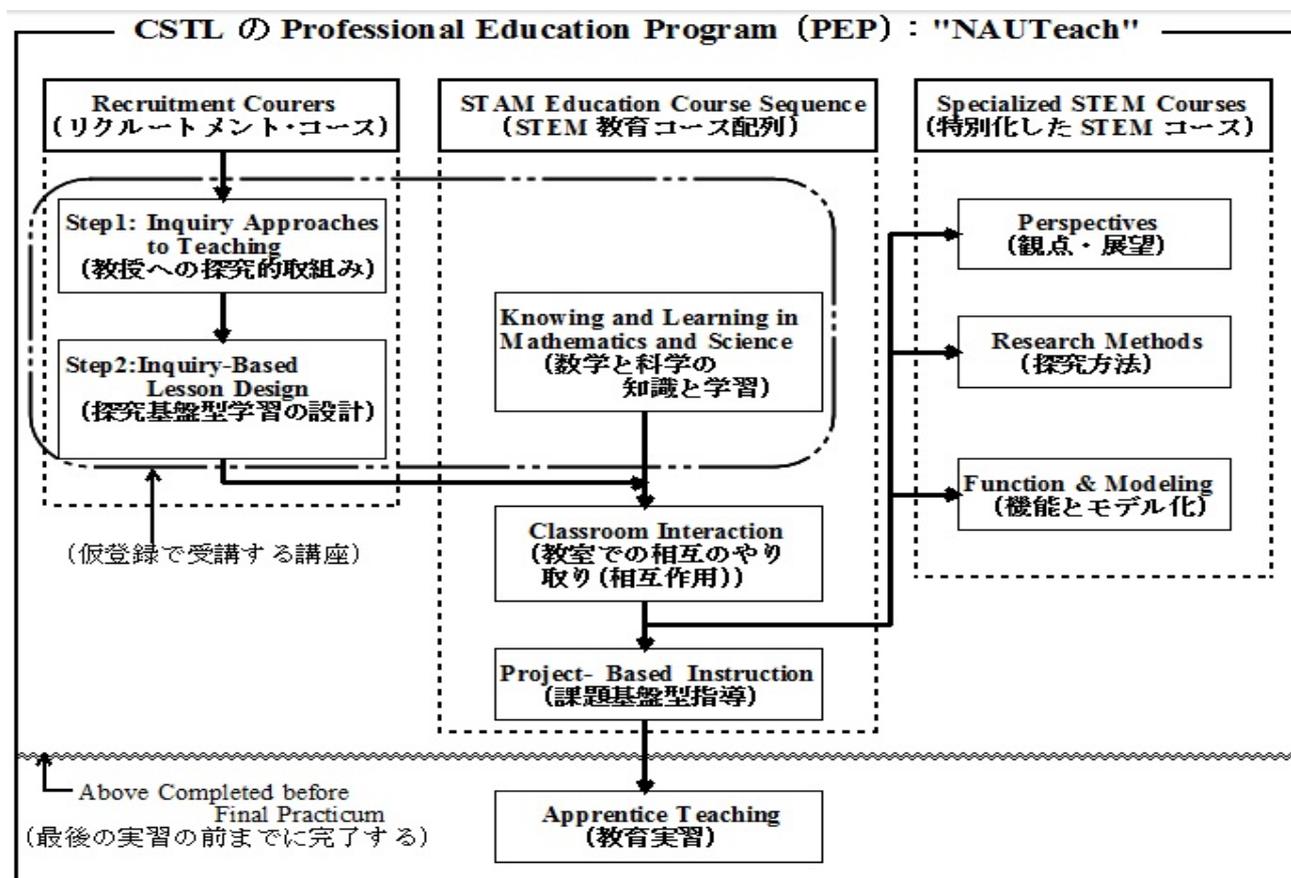


図 1 NAU Teach カリキュラムの全体像 (NAU Teach 学生ハンドブックに日本語訳を加えたもの)

5.2. STEM 教育コース配列

入門編の体験的学習内容をさらに深めるため、理論と実践の関連性に着目し体験的な学習を重ね、体験から得たエビデンスをベースとしたアプローチで教育内容と教育学の知見の統合を志向した学びを進める。

- ・「数学と科学の知識と学習 (Knowing and Learning in Mathematics and Science) (TSM-301/303) : 仮登録により受講する。個々の学習コンテンツを社会・教室(学生の実生活)と関連付けて学習する視点から理論を学ぶことの意義を探究する。そして社会的課題の文脈の中で探究的な学習について体験的に学ぶ。学校現場等において 10 時間分(600 分)の教育体験実習を含む。この教育体験実習では、学習支援の必要な生徒に対し、訪問校の教員の授業内や放課後に個別学習支援を行う。
- ・「教室での相互のやり取り(相互作用)(Classroom Interactions) (TSM-350) : 教室での様々な学生達とのやり取り(相互作用)を通じて、コンテンツ開発に焦点を当て、さまざまな教授活動を分析するための理論的・実践的なフレームワークを学ぶ。学校現場での 10 時間の授業観察実習と 3 時間分の授業実践実習を含む。
- ・「課題基盤型指導(Project-Based Instruction) (TSM-450) : 課題を基盤としたおよびプロジェクトを基盤とした、カリキュラム開発の過程に重点を置いた授業が展開される。学生はプロジェクト基盤型の授業計画を開発し高等学校で授業を実践・分析する。高等学校で 15 時間の授業観察実習と 5 時間分の授業実践実習を含む。

5.3. 特別化した STEM コース

特別化した STEM コースでは、STEM 教員にとって特に重要な教育コンテンツの知識と体験を学習し、複数教科の学位要件を満たす。

以下の 6 講座が設定されており、いずれの講座も図 1 に示した共通の基盤概念(観点・展望(perspective), 探究方法(Research Methods), 機能とモデル化(Function & Modeling))に基づいて講座が展開される。

- ・「機能、応用、探究(Functions, Applications, and Explorations) : 中学校の数学を中心とした教授法の体験的学習を行う講座で、グラフ、指数関数、三角関数、ロジスティック関数による離散系・連続系モデリングを教材として重点的に取り上げる。さらに曲線近似、極方程式、行列代数、統計の回帰式、成長・衰退指数モデル等を学習する。

- ・「科学と数学の視点(Perspectives on Science and Mathematics) (2 講座相当) : 科学・数学の歴史・哲学について学び、実践的なニーズ、社会的葛藤等に基づいて、科学が人類の努力により形成されてきたことを理解する。そして科学史・数学史の内容を踏まえた授業計画を作成する。
- ・「研究方法論(Research Methods) : 科学者が新たな知見をどのように見出すのかについて、科学・数学の複合的視点から体験的に学習する。学生は 4 つの異なる課題に対して、実験計画の作成、実施、分析および考察、論文作成を行う。
- ・「関数とモデリング(Functions and Modeling) (2 講座相当) : 数理解の内容の理解と、知識に基づいた実験への応用方法について学ぶ。

5.4. 教育実習(Apprentice Teaching)

全ての講座修得後に、実際の学校(中学校または高等学校)で教育実習が 80 日間、実施される。

6. 教育実習(Apprentice Teaching)受講の条件

学校現場での教育実習(Apprentice Teaching)を行うための適格要件として以下の条件が課される。

- (1) PEP の 3 つのコースの全講座および FM における研究プログラムの単位取得を完了していること。
- (2) NAU での全教科・科目の GPA が 2.5 以上であること、および PEP の GPA が 2.5 以上で「C」以下の成績が 1 つ以上ないこと(「C」は 1 つまでは許可される)。
- (3) アリゾナ州教育者能力評価 (Arizona Educator Proficiency Assessment, AEP)または国家評価系列(National Evaluation Series, NES)の教科知識試験を受験していること。
- (4) 教育のための十分な身体的健康だけでなく、教室での指導を行うための専門的な基準に沿った社会的かつ情緒的な成熟・安定を持ち合わせていることを示す必要がある。
- (5) 学生教育インターン資格保持者は、学位要件を満たし学生教育インターン証明書(Student Teaching Intern Certificate : STIC)を所持している学年・教科のクラスにおいて「記録された教員(teacher of record)」として教育実習を行うことができる。
- (6) 留学生は別途示される条件・資格を満たさなければならぬ。

7. PEP の授業の実態

7.1. 実態調査の対象講座

2018年度の前期(2018年8月27日～12月13日)のPEPの講座に可能な範囲で参加した。授業者およびセンター長の許可の出た講座について3つのコースをバランスよく受講するようにした。なるべく多くの種類の講座を聴講するようにしたが、時間割の重複等で受講できない授業もあった。また授業実践実習の視察や他のプロジェクトのミーティング、学会への参加等で授業を欠席した場合があった。

聴講した授業は、センター長および授業者の許可を得て、録音および写真撮影を行った。聴講した授業と聴講時間数、参加割合は表1に示す。

リクルートメント・コースのTSM-101とTSM-102は専門教科等の授業と重なって受講できないことがないように配慮して、週2時間の授業が3セット設定されていた。また3週間の授業観察週間(Observation Week)と、3週間の授業実践週間(Teach Week)が別途設定されており、専門教科(FM)等の授業のない希望日に割り振られて、市内の中学校で体験学習が行われた。

TSM-496/596は、コースの最後に設定されている教育実習と併せて実施される授業で隔週実施である。

7.2. 実態調査の方法

参加授業では授業のタイムテーブルと学習内容・活動内容を記録した。そして学習形態について、ベネッセ教育総合研究所が2016年に実施した「第3回大学生の学習・生活実態調査」の調査項目を参考に、表2に示した7項目について調査・記録した。ベネッセ教育総合研究所の調査では、各項目について年間を通して「よくあった」+「ある程度あった」の回答の割合が示されている。本調査でも同様の調査を受講講座の学生に行ったところ、全ての調査項目で回答の割合が100%となった。そこで実際に各項目がどのくらいの頻度で実施されているのかを確認するため、調査方法を変更し参加授業内で調査項目が実施された場合は「あった」として、実施された授業回数(%)を示した。また、授業で行われる学習活動を、大学教員が主導権を持って行われる学習活動(T)と学生が主導権を持って行い教員はその学習活動をファシリテイトする学習活動(S)の2種類に大別し、その活動時間を測定・記録した。学習活動(T)は、例えば教員がスタンダードが作られた経緯についてや改訂された部分の説明を講義形式で行ったり、教員の定めたテーマについて教員の進行に基づき学生達が議論したりする学習活動

を示す。一方、学習活動(S)は、例えば教員がスタンダードの特定の部分を指定し、学生達が話し合いにより内容理解を深め、各自がスタンダードの内容に則した授業案を作成したり、あるいは作成した授業案を学生のグループ同士でシミュレーションしあい修正意見等を出し合うなどの学習活動を示す。また学生達自身が課題やテーマを見出し学習を進めるPBLも(S)とした。記録内容は、授業後に録音音声で確認した。そして学習時間に占める割合を算出した。

7.3. 調査結果

調査結果を以下表2～4に示す。

参加業で実施されていた学習形態の割合(表2)は、項目1～5について総じて高い値が示された。「6. 実験や調査の機会を取り入れた」は49.4%、「7. 教室外での体験的な活動や実習を行う」は17.5%と他

表1 聴講した講座と受講時間数・参加割合

(授業時間は大学の教室等で実施する場合の1回の授業時間を示す。また校外で行われた授業見学実習・授業実践実習等の授業時間は含まない。)

コース名	講座番号	授業時間	実施回数	参加回数	参加割合
リクルートメントコース	TSM-101	75分	24回	20回	83.3%
	TSM-102	75分	24回	9回	37.5%
STEM教育コース配列	TSM-303	75分	31回	26回	83.9%
	TSM-350	90分	33回	31回	93.9%
	TSM-450	75分	31回	25回	92.6%
	TSM-496/596	90分	10回	7回	70.0%
特別化したSTEMコース	TSM-360	75分	31回	23回	74.2%
	TSM-404	140分	31回	24回	80.0%

表2 参加授業で実施されていた学習形態の割合

(「6. 調査」「7. 教室外での体験的な活動や実習を伴う」に授業観察実習や授業実践実習は含まない。)

学習形態についての調査項目	割合
1. 少人数でのゼミ・演習形式	100.0%
2. グループワークなどの協同作業	100.0%
3. プレゼンテーションの機会を取り入れた	81.5%
4. ディスカッションの機会を取り入れた	99.7%
5. 教員と学生が授業時間内にコミュニケーションがとれる	100.0%
6. 実験や調査の機会を取り入れた	49.4%
7. 教室外での体験的な活動や実習を行う	17.5%

表3 参加授業内での大学教員主導の学習活動時間 (T)と学生主導の学習活動時間(S)の割合

(教員主導で行われた学生同士の話し合い等は(T)に、学生達の主体的な学習活動へ教員が参加・助言した等は(S)に分類した。)

コース名	授業番号	授業時間(分/回)	S活動%	T活動%
リクルートメントコース	TSM-101	75分	79.9%	20.1%
	TSM-102	75分	81.8%	18.2%
STEM教育コース配列	TSM-303	75分	80.1%	19.9%
	TSM-350	90分	84.4%	15.6%
	TSM-450	75分	92.0%	8.0%
	TSM-496/596	90分	63.5%	36.5%
特別化したSTEMコース	TSM-360	75分	79.6%	20.4%
	TSM-404	140分	89.8%	10.2%

表4 各授業の学生数

コース名	授業番号	受講学生数	科学専攻学生数	数学専攻学生数
リクルートメントコース	TSM-101	18名	(1年生のため未定)	
	TSM-102	18名	(1年生のため未定)	
STEM教育コース配列	TSM-303	17名	17名	0名
	TSM-350	10名	4名	6名
	TSM-450	17名	9名	8名
	TSM-496/596	13名	5名	8名
特別化したSTEMコース	TSM-360	13名	13名	0名
	TSM-404	17名	9名	8名

の項目と比べて値が低いですが、6の「調査」や7の「教室外での体験的な活動や実習」には、学外の中学校や高等学校で行う授業観察実習や授業実践実習は含まれていないためこのような結果となったと考えられた。

表3「参加授業内での大学教員主導の学習活動(T)と学生主導の学習活動(S)の割合」では、TSM-496/596を除き、(S)が80-90%、(T)が10-20%となり、学生主導の学習が多く行われていたことが示された。TSM-496/596で他の講座より(S)が少なかったのは、教育実習(Apprentice Teaching)と併せて行われる講座であるため、実習生(学生)からの質問に対する大学教員の説明・解説や、実習校の担当教員(指導教員)からのコメント・アドバイスの説明等が他講座より多かったためと考えられる。



図2 少人数でのグループワーク



図3 学生と教員が円形に座って話し合い

表4に各講座の学生数を示す。各講座とも20名以下の少人数で行われ、TSM-303とTSM-360以外は科学専攻と数学専攻の学生と一緒に受講していた。なおリクルートメント・コースのTSM-101、TSM-102は受講者が全て1年生だったためFMは未定であった。また、TSM-496/596は遠隔地の学校で教育実習をしている学生にはオンラインでの受講が認められており、5名いた。

表2の各調査項目ごとに結果を見ると、調査項目「1.少人数でのゼミ・演習形式」では、表4に示した10~18名の学生により演習やグループワークが1回の授業内に複数回行われていた(図2)。また学生による発表も頻繁に行われていた。

授業を行う教員数は、授業内容が科学と数学に分かれているTSM-303(科学の内容)とTSM-360は1名の教員で行われていたが、それ以外は科学と数学の教員2名(TSM-496/596は3名)で授業が行われていた。また、通常は教員1名で行われていたTSM-303、TSM-360では、授業内容により担当者以外の専門教員が加わり、演習・実習のサポートや学生の質問に対応していた。

調査項目「2.グループワークなどの協同作業」「4.ディスカッションの機会を取り入れた」は、どの授業においても見られた。授業内で、2人、3人、4人と人数やメンバーを変えたり、科学・数学専攻に分かれてグループワークが行われたりしていた。知識・理解については事前にBbLearnに宿題として資料提示され、授業内ではその内容についてグループ討論や発表を行い、理解した内容を活用して実践的学習等が行われていた(図3)。

なおBbLearn(Blackboard Learn)は、Blackboard Inc.が開発したオンラインで行われる学習管理システム(Learning Management System, LMS)である(Blackboard 社日本語サイト参照)。NAUではBbLearnを用いて、学習教材や宿題の提示・提出、単元復習テストの実施等が行われている。NAU TeachでもBbLearnを活用して反転学習、資料提示、宿題の提出等が行われていた。

調査項目「3.プレゼンテーションの機会を取り入れた」については、81.5%の割合で実施されていた。受講者数の少ない授業では全員に均等に発表の機会

が与えられていた。受講者数が多い場合には、短時間でのグループでの話し合い後に各グループの代表者が発表したり、数時間単位のグループワークの後複数人で発表したりなど、様々な発表形態でプレゼンテーションが行われていた。また、発表方法も、パワーポイント、ポスター、ホワイトボード、製作物(模型等)による発表等、様々な方法を学生達が自由に選択して行われていた。

調査項目「5.教員と学生が授業時間内にコミュニケーションがとれる」は、100%の割合で見られた。授業が講義形式ではなくグループワークや実践形式で行われているため、教員がグループを巡回して個別の質問に答えたり、学生が質問に行く場面が頻繁に見られた。また少人数授業であることに加えて複数教員で指導にあたるため、個別のコミュニケーションが取りやすい条件になっていた。数学と科学の教員がお互いの専門分野を補完する形で学生の質問に対応していた。

また質問があると学生はその時その場ですぐに手を挙げて質問をし、教員は可能な限りすぐに対応する習慣があり、また教員は「いい質問だね」「質問してくれてありがとう」などの言葉を質問の答えと併せて発言するなど、学生達が自由に質問しやすい雰囲気・環境作りや対応をしていた。さらに、学生同士が教え合ったり質問し合うなどの場面も日常的に見られた。

調査項目「6.実験や調査の機会を取り入れた」「7.教室外での体験的な活動や実習を伴う」は、それぞれ49.4%、17.5%の割合で実施されていた。今回の授業参加による実態調査では、大学で行われた授業についてのみを調査項目6、7の対象として調査しており、授業観察実習や授業実践実習などの学外での学習を含んでいない。しかし上記の値を示した理由は、TSM-102、TSM-303、TSM-450やTSM-404で、授業の大半がSTEM授業教材の開発・実践に繋がる学生達の課題発見解決学習の経験に充てられていたからである。実験室内や屋外での実験・観察体験に基づいてどのような授業実践が可能か、教育的効果が高いか、どのように生徒達の評価を行うかなどの内容で授業が行われていた(図4, 5)。またプレゼンテーションの途中で学生が短時間の演示実験を行ったり、授業の途中で生じた疑問に直ちに実験をしておこなうなど、手軽に実験が行われていた。

ベネッセ教育総合研究所が「第3回 大学生の学習・生活実態調査」で行った調査項目で、本調査において取り上げなかった項目として、「大学での学習方法を学ぶ」「上級生や下級生と授業時間内にコミュニケーションがとれる」「提出物に教員からのコメントが付されて返却される」がある。

調査項目「大学での学習方法を学ぶ」については、



図4 学生のプロジェクト
実験を教員がサポート



図5 屋外での実習

大学入学直後に全学生に「NAU 大学生生活ハンドブック」が示され学習方法のガイダンスが行われた。さらにPEPの受講希望学生には「NAU Teach 学生ハンドブック」が示されPEPの学習方法に焦点化した指導が行われていた。そして教員を志すにあたっての心構えや適正等のガイダンスが丁寧に行われていた。また「リクルートメント・コース」の授業では、教育倫理や教員の責任についてのケーススタディで、学生達自身が考えたり討論する授業が行われていた。さらに、授業観察実習や授業実践実習の前後等には、教員は慎重に言葉を選びながらも、服装や態度・言葉使いなどかなり踏み込んだ指導が念入りに行われていた。多様な人種や文化が混在し自由な雰囲気での授業が行われている米国で、十分な事前指導が行われ、理解・納得した学生のみが教員を目指すPEPへの本登録を行うことになる。「リクルートメント・コース」を担当する教員は、中学校・高等学校での教育現場経験が豊かなベテラン教員であった。

また、調査項目「提出物に教員からのコメントが付されて返却される」については参加した各授業の全てにおいて実物調査ができなかった。NAUでは、BbLearnを使ったweb上での学習管理が大学全体で行われており、提出物の提出・返却もweb上で行われていたためである。授業担当教員および学生への質問調査により、全ての授業の宿題で、学生から提出された宿題には教員のコメントが付されて返却・フィードバックされていることを確認した。

特に「レッスン・プラン(Lesson Plan)」と呼ばれる授業案作成の課題では、「フィードバック・フォーム(Feedback Form)」という評価用紙を用い事前に示された評価表(Rubric)の各項目に則して評価され学生へ返却されていた。さらにコメントと改善への提案が箇条書きで示され、質問や不明な点などは直接またはオンライン(BbLearn)で質問できるようになっていた。それ以外の宿題の多くは反転学習により行われる授業の予習であるため提出や返却はない。しかし宿題をやらないと授業に参加しても実践的な学習ができないため、授業内で教員により直接確認・指導されていた。

調査項目「上級生や下級生と授業時間内にコミュニケーションがとれる」は、今回は各授業での調査項

目としなかった。各授業には学生達は希望すれば何年生からでも受講することができ、実際に2018年度前期の「STEM 教育コース配列」「特別化した STEM コース」の各授業には、様々な学年の学生が受講していた。

8. まとめ

NAU CSTL で実施されている PEP について、「NAU Teach 学生ハンドブック」の内容及び実際の講座への参加による調査結果から概観した。その結果、NAU CSTL の PEP の特徴として以下の点が指摘できると考えられる。

第1に、段階的な体験的学習により STEM 教員養成ができるよう講座が設定・配列されていた。まず「リクルートメント・コース」と呼ばれる入門講座では、学校教育における教員の職務や担う役割のアウトラインについて、学校訪問による授業観察実習、授業実践実習を含めて体験的に学ぶ。そして学生には、自らの教員への適性と意志を確認する機会が与えられていた。次に PEP に本登録した学生には「STEM 教育コース配列」「特別化した STEM コース」で理論と実践による体験的学習を段階的におこなうことができるように講座設定されていた。またプログラムの最後には教育実習 (Apprentice Teaching) が 80 日間設定されており、学校現場で教員の職務全般について体験的に学ぶことができるようプログラム設計されていた。

第2に、リクルートメント・コースと、TSM-301/303 以外の STEM 教育コース配列の講座で、科学・数学の複数教員制による授業が行われており、領域横断的な STEM 教育コンテンツへの対応が行われていた。そして PBL などの学生による個別の課題設定でのプロジェクト学習等への対応がなされていた。また領域横断的な STEM 教員を養成するため、科学と数学を FM とする学生による同一講座での探究的学習の指導案の作成、授業実践実習の実施、振り返りによる修正等の協働学習による学び合いが行われていた。

第3に、少人数による演習・グループワーク等を中心とした体験的・実践的な授業がおこなわれていた。授業においては「学生(生徒)中心(student-centered)」が重要視されていた。この用語は、常に授業の中心は「学生(生徒)」にあるという考え方を示しており、「教員中心(teacher-centered)」の講義形式の授業からのパラダイムシフトを示す用語として用いられていた。学校現場を担う教員のための教育内容としても重要であると共に教員養成授業においても常に大学教員による「学生中心」が実践されていた。そして表2、表3に示されるように、グループワー

クやディスカッション、演習、協同作業、プレゼンテーション等を多く行う学生主導の能動的な学習形態の多い授業となっていた。

第4に、全ての講座で工学と技術を強く意識した授業が行われていた。スタンダードの内容について三次元での学習(3D-Learning)における一次元(Dimension1)の「科学的かつ工学的実践」に基づき授業案の作成が行われ、実践されていた。「科学的かつ工学的実践」では8つの学習法を示しており、「データの分析と解釈(Analyzing and interpreting data)」や「数学と計算思考の利用(Using mathematics and computational thinking)」,「説明の構築と解決策の設計(Constructing explanations and designing solutions)」などの学習法を行うことを求めている。これに基づき、授業案には積極的な先端機器の活用やものづくりによる課題解決が盛り込まれたものとなっていた。

第5に、実践的な NAU Teach のプログラムや学習形態の組み合わせにより BbLearn による学習管理システムが活用されていた。各講座では知識や理解の学習等は宿題として BbLearn で行われるため、授業では教員による講義形式の授業は少なく(表3の「T 活動」)宿題として予習した学習内容を実践的に活用した生徒主導の学習活動(表3の「S 活動」)の時間が十分に確保されていたと考えられる。また授業観察実習や授業実践実習等の日程調整や連絡等に BbLearn が活用されていた。さらに 80 日間行われる教育実習では、学生は基本的には実習校において大学で行われる授業は隔週であるため、教員による指導に BbLearn が効果的に活用されていた。

以上、NAU CSTL の PEP の特徴として5点を示したが、これらの特徴に共通する点として、いずれも実践的・体験的学習に関連する事項であることが挙げられる。これは STEM 教育が、生徒の実生活や実社会に関連した課題に対して生徒達自身が実践的で探究的な学びを領域横断的に行うことにより課題解決していく学習法である(Bybee, 2013)ため、STEM 教育を担う教員にも同様の体験やその体験を通じた学びの経験が不可欠であるからであると考えられる。各授業内では「hands-on」という言葉が頻繁に用いられ実践的、体験的のような意味合いで使われていた。「hands-on」は、フランク・オッペンハイマー(Frank Oppenheimer)が科学館の展示に導入した学習法であり、直接体験を通して科学や芸術を学ぶことが最良の方法であるという考えに基づいている(仙波・小川, 2001)。STEM 教育においても生徒の直接体験による学びが重要視されているため、その指導にあたる STEM 教員にとっても実践力は重要であると考えられる。したがって大学での教員養成の授業も「hands-on」を重視し、実践的指導力を養う

ものとなっていたと考えられる。

最後に、NAU Teach には、卒業後教員になった後のサポート・システムも備わっている。大学卒業後の2年間は、「無料導入プログラム(Free Induction Program)」と呼ばれている無料の新人教員サポートプログラムが用意されている。また全米各州で教員をしている卒業生のネットワークが CSTL 主導で形成されており、卒業後も各地域で卒業生同士の縦のつながりが持てるようになっている。

9. 今後の課題

本稿ではSTEM教員養成プログラムの概要について報告を行ったが、プログラムの講座配列や授業の実践形式が中心となり、実際に行われた具体的学習内容にまで報告が及ばなかった。また授業実践実習についてもどのように実施されているのかについて調査が至らなかった。今後の課題としたい。

謝辞

本研究、調査にあたって多大なるご指導・ご協力を賜りましたNAU CSTL所長のPradeep M. Dass博士を初め、同センターのD.Thompson博士、D.Ross博士、S.Guerrero博士、J.Johanson博士、S.Fray先生、T.Fuller先生、R.Woodruff II先生、L.Giffen氏に深く御礼申し上げます。

参考文献

- Arizona Department of Education. (n.d.). Arizona Standards Supporting STEM.
<http://www.azed.gov/standards-practices/k-12standards/stem-resources/> (accessed 2019.6.30.)
- Arizona Department of Education. (n.d.). STEM / CTE High Quality Teacher Professional Development Pilot Program.
<https://www.azed.gov/hetl/pd-pilot-program/> (accessed 2019.6.30.)
- ベネッセ教育総合研究所(2018) 第3回 大学生の生活・学習実態調査報告書
https://berd.benesse.jp/up_images/research/000_daigakusei_all.pdf (accessed 2019.4.10.)
- Blackboard. (n.d.).
<http://jp.blackboard.com/> (accessed 2019.4.10.)
- Bybee, R.W. (2013). The Case for STEM Education Challenges and Opportunities. *NSTA press*.
- Carmichael, C. C. (2017). A State-by-State Policy Analysis of STEM Education for K-12 Public Schools.
<https://scholarship.shu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3342&context=dissertations>.

- (accessed 2019.6.30.)
- Dass, P. M. & Yager, R.E. (2009). Professional Development of Science Teachers : History of Reform and Contributions of the STS-Based Iowa Chautauqua Program. *Science Education Review* 8(3), 99-111.
- Deboer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(6), 582-601.
- Harland, D. J. (2011). STEM Student Research Handbook. *NSTA press*.
- Labaree, D. (2018). An Uneasy Relationship- The History of Teacher Education in University. Who Decides Who Become a Teacher? : Schools of Education as Sites of resistance, Edited by Julie Gorlewski and Eve Tuck. *Routledge Press*, captor 4, 290-306.
- LabQuest2.(n.d.).
<https://www.vernier.com/products/Interfaces/labq2/> (accessed 2019.12.25.)
- Logger Pro (n.d.).
<https://www.vernier.com/products/software/lp/> (accessed 2019.12.25.)
- 松本浩司(2010) アメリカの教員養成教育カリキュラムにおける「文脈的教授・学習」-ジョージア大学での開発プロジェクトに着目して-, カリキュラム研究, 第19号, 59-70.
- 長洲南海男・出口憲 (2016) 米国のSTEM教育, エネルギー-省(DOE)のエネルギー教育・その1- Energy Literacy 教育そしてNGSSとの関連-, エネルギー環境教育研究, Vol.11, No.1, 3-10.
- 成松美枝・梅澤収(2018) アメリカ・ウイスコンシン州における教員育成・支援システム~教員養成・研修システムにおける州立大学の役割に着目して~, 静岡大学教育実践センター紀要, 第28巻, 29-38.
- National Education Association. (2018). Rankings of the States 2017 and Estimates of School Statistics 2018 (released : April 2018).
http://www.nea.org/assets/docs/180413-Rankings_And_Estimates_Report_2018.pdf (accessed 2019.4.10.)
- National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards A Guide for Teaching and Learning, *National Academic Press*.
- NAU Center for Science Teaching and Learning. (2018). Northern Arizona University NAU Teach Student Handbook 2018-19.
- NAU Center for Science Teaching and Learning . (2018). Undergraduate Program-NAU's Center for Science Teaching & Learning and NAU Teach program
<https://nau.edu/cstl/undergrad/>

- (accessed 2019.6.30.)
 Next Generation Science Standard. (2011). Arizona – The following summarizes content from the state's application for Lead State Partner in 2011.
<https://www.nextgenscience.org/>
 (accessed 2019.8.16.)
- Next Generation Science Standard. (2013). Final Next Generation Science Standards Released.
<https://www.nextgenscience.org/news/final-next-generation-science-standards-released>
 (accessed 2019.8.16.)
- Next Generation Science Standard. (2019). Three Dimensional Learning
[nextgenscience.org/three-dimensions](https://www.nextgenscience.org/three-dimensions)
 (accessed 2019.12.25.)
- Ravitch, D. (2003). A Brief History of Teacher Professionalism. (U.S. Department of Education)
<https://www2.ed.gov/admins/tchrqual/learn/preparingteachersconference/ravitch.html>
 (accessed 2019.7.4.)
- Real Clear Education. (2019). The National STEM Teacher Shortage Threatens Future Prosperity.
https://www.realcleareducation.com/articles/2019/04/04/the_national_stem_teacher_shortage_threatens_future_prosperity_110320.html.
 (accessed 2019.6.30.)
- 佐藤真久・熊野善介(2017) 米国における環境 STEM(E-STEM)教育の環境教育的意義-米国における E-STEM 教育の取組動向の把握とミネソタ州における E-STEM 教育実践校の事例研究を通して-, エネルギー環境教育研究, Vol.11, No.2, 3-14.
- 仙波愛・小川正賢(2001) フランク・オッペンハイマーの生涯とその思想形成-エクスポラトリアム設立の背景に関する一考察-, 科学教育研究, Vol.25, No.2, 69-80.
- Teach.com. (n.d.). Teaching STEM
<http://teach.com/become/what-can-i-teach/stem/> (accessed 2019.6.30.)
- The White House. (2017). President Trump Signs Presidential Memo to Increase Access to STEM and Computer Science Education
<https://www.whitehouse.gov/articles/president-trump-signs-presidential-memo-increase-access-stem-computer-science-education/>
 (accessed 2019.8.16.)
- Tinkercad. (n.d.). <https://www.tinkercad.com/>
 (accessed 2019.12.25.)
- U.S. Department of Education Office of Postsecondary Education. (2016). Teacher Shortage Areas Nationwide Listing 1990-1991 through 2016-2017.
<https://www2.ed.gov/about/offices/list/ope/pol/tsa.pdf>. (accessed 2019.6.30.)
- UTeach Institute. (2017). UTeach at 20.
<https://institute.uteach.utexas.edu/sites/institute.uteach.utexas.edu/files/uteach-annual-report-sept-2017.pdf> (accessed 2019.6.30.)
- Wilson, S. M. (2011). Effective STEM Teacher Preparation, Induction, and Professional Development. Commissioned for the Workshop on Successful STEM Education in K-12 Schools, convened by the Board on Science Education with support from the National Science Foundation, 1-23.
https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbasseite/documents/webpage/dbasse_072640.pdf
 (accessed 2019.7.4.)

