

理科の教員研修のデザイン

—— 科学的思考力と問題解決能力の育成を目指して ——

長谷川 正*¹・原田 和雄*²・松川 正樹*³

理科教員高度支援センター

(2017年5月29日受理)

HASEGAWA, T., HARADA, K. and MATSUKAWA, M.: Designing in-service teacher training workshops for science: Cultivating scientific thinking and problem-solving. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., 69: 321-334. (2017) ISSN 1880-4330

Abstract

A methodology for designing and implementing science workshops involving observation and experiments for in-service teachers with an emphasis on cultivating scientific thinking and problem solving is discussed and a guideline is presented. First, problems associated with teaching science in the classroom are analyzed in relation to the design of science workshops. Next, some basic considerations in designing science workshops are discussed. It is proposed that establishing a conceptual flow and raising awareness of science practices during the inquiry processes, as presented in the NGSS, is effective for achieving an understanding of the scientific method and for cultivating problem-solving skills. In particular, construction of the instructional directions and worksheet becomes the basis for workshop design. Construction of the instructional directions, worksheet and assessment sheet is achieved by 1) building the conceptual flow for instruction, 2) preparing directions and identifying focus questions and science practices that will drive the conceptual flow, and 3) preparing check-lists and check-tests for monitoring the understanding of key concepts by the participants.

Keywords: procedure, science, flow of the concept, worksheet, Science Practices, check-list, check-test

Advanced Support Center for Science Teachers, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 理科の教員研修を計画・実施するための「科学的思考力を育成する新しい理科の教員研修の開発デザイン」について述べ、マニュアルを提示した。本論文では、研修実施の背景にある理科の指導の際の問題点について例をあげて述べた。そして、理科の教員研修の考え方を示した。科学の方法を修得し、問題解決力を高めるためには、概念獲得の流れに沿って、米国のNGSS (Next Generation Science Standard) の教材に使用されているサイエンス・プラクティスの手法を取り入れるのが良いことを提案した。教員研修の進め方として5段階の具体的内容を示した。ステップ2は研修の根幹で、①研修の流れを示す概念の図(コンセプト・フロー)を作成し、②概念図に沿ってディレクションを作成し、フォーカス・クエスチョンを設定してサイエンス・プラクティスの適用を図り、③研修受講者の理解度を評価するためにチェックリストとチェックテストを作成することを提唱した。

*1 東京学芸大学 理事・副学長 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

*2 東京学芸大学 広域自然科学講座 生命科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

*3 東京学芸大学 理科教員高度支援センター (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

はじめに

日本社会の要請である「科学技術を担う人材の育成」を達成するために、理科教育の充実、理科の指導を苦手とする教員の理科教育力の向上が求められ、学習指導要領では「アクティブ・ラーニング」が推進されることになっている。理科の指導を苦手とする教員の理科指導力に関しては、教員養成と現職教員研修により向上させることが求められている。現職教員研修は、都道府県や市町村の教育委員会を中心に、独自の内容と方法で実施されている。しかし、教員研修を計画・実施するのは、必ずしも理科の専門家ではない。教員研修のマニュアルがあれば、理科授業を担当する教員に実際役立つ研修の計画・実施が容易になる。東京学芸大学理科教員高度支援センターは、2010年の設立以来小・中・高等学校理科に関する多種多様な教員研修を実施してきた。この間、教育委員会等から理科の教員の支援の依頼を受け、研修を実施するとともに理科の教員研修のあり方の理論的・実践的研究を行ってきた。

本論文では、これまでの研修実施経験と海外の理科教育動向調査結果を踏まえた新しい理科の教員研修の開発デザインについて述べる。

1. 理科の教科指導における問題点

教員、特に小学校教員が観察・実験の苦手意識を持っていることが理科の教科指導に難しさを感じている原因となっているが（科学技術振興機構，国立教育政策研究所，2008），それ以外にも理科の指導を難しくしている要因があげられる。

1. 1 科学技術の進展と理論の高度化

この数十年での科学技術の進歩はめざましく、基礎研究で発明・発見されたことが10年も経たずに実用化されているものが多くある。これらの発明・発見はインターネットやテレビなどで、誰もが容易に知ることができ、例えば、太陽電池のように小・中学校理科の教科書に記載されているものもある。科学技術の進歩に伴い理論も高度化してきているが、それを理解するのは容易ではなく、理論がブラックボックス化しているといっても過言ではない。

1. 2 理科で教える内容の幅広さと高度化

小・中・高等学校学習指導要領で定められている理科の内容は、基本的に物理・化学・生物・地学に分けられる。近年、科学技術の中でも分子生物学の進展が

めざましく、このため高等学校物理・化学に比べ生物の内容が増加しており、小・中学校教員も基礎知識として身に付けておくべき生物の内容が増えている。また、地学も地球や太陽系に関する新事実の発見などがあり、近年パラダイムシフトした内容を多数含む生物と地学の領域を指導するために教員はこの領域の新しい知識と技術の理解が求められている。

1. 3 理科の教科特性と教員の指導力

小・中学校理科の教科書の内容は、観察・実験中心で構成されている。しかし、実際の授業では、教科書に記述されている観察・実験の結果が得られないことも多くあり、また、児童・生徒からの質問が教員の想定範囲を超えることも少なくない。これに対応するには、教員が広範囲でかつ高度な内容でも基礎的な知識は身に付けておくことが必要である。さらに、実験の安全確保に関する知識も必要になる。これが教員の観察・実験に対する消極的な姿勢を生んでいる（松川，2014）。

現在の教育課程では、小・中学校の全児童・生徒は学習指導要領で定められている理科の内容を学習している。しかし、高等学校では物理・化学・生物・地学の全てを履修しなくても卒業できる。自然科学は、研究方法と研究対象の類似性と相異性から、物理・化学・生物・地学に大別されており、これら全領域を学ぶことにより自然科学が理解できるので（松川・林，1994），教員は理科の全領域を学習することが望まれる。

1. 4 小学校教員免許取得に必要な理科教育の単位

現行の小学校教諭一種免許状取得に必要な単位数は、教科に関する科目が8単位、教職に関する科目が41単位、教科又は教職に関する科目が10単位である。教科に関する科目の単位の取得方法は、国語（書写を含む）・社会・算数・理科・生活・音楽・図画工作・家庭及び体育の教科に関する科目のうち1以上の科目について修得するものと定められているので、理科を修得しなくても良い。さらに、教職に関する科目は、国語（書写を含む）・社会・算数・理科・生活・音楽・図画工作・家庭及び体育の教科指導法をそれぞれ2単位以上修得することが定められている。従って、小学校教諭一種免許状の取得には、理科の指導法については2単位を取得するだけでも良いことになる。2単位の授業科目は15回の授業からなるので、この時間の中で、理科の指導法を習得することになる。現行の学習指導要領では、A「物質・エネルギー」領域におけるカリキュラム（物理的内容）5項目、（化学的内容）4項目、B「生命・地球」領域におけるカリ

キュラム（生物的内容）6項目、（地学的内容）4項目の計19項目である。単純に計算をしてみても15回の授業では不足している。

1. 5 教員の研究指導力

近年、SSHや自由研究コンクールなどが盛んになり、小・中学校では探求学習が重視されており、教員の研究指導力が求められている。しかし、上記のような現状を考えると、学校の授業で研究指導力が求められても、教員が指導に窮するのは当然である。これまで、中・高等学校の教員採用に際して、理科の学習指導力は問われたてきたが、研究指導力は問われていない。自然科学の研究指導力を身に付けるには、確かな学識を持つ専門家からの手ほどきが必要で、少なくとも理科の卒業研究の経験は必要である。

2. 理科の教員研修の考え方

理科の教員研修の目的は、教員が理科を教えることができる能力を身に付けることである。そのため、研修では、学習指導要領の内容に準拠するのが一般的である。東京都教職員センターは、小学校教員採用試験に合格した採用予定者を対象に、多くの小学校教員が観察・実験を苦手としている内容をテーマとした研修を集中的に行っている。これは、理科の授業の実践力向上に即時的な効果をあげる研修の典型例である。

学校で児童・生徒に理科を学習させる目的は、自然科学の素養を身に付けさせることであり、これは自然科学の内容と研究の方法の初歩的理解となる。特に、自然科学の研究の方法の理解は、科学的思考法として、論理性やプロセスを修得させることになり、「生きる力」を育成する上で不可欠である。しかし、理科では、教科内容を理解することに重点がおかれ、科学的思考法を修得することは重視されていない。

上述の問題点を踏まえて、児童・生徒の科学的思考力を育成する教員の指導力向上法について以下に述べる。

2. 1 科学的思考力の修得法

自然科学の研究は、自然の事物・現象の不思議さに気づき、それに興味・関心を持ち、それを解き明かしていくことである。そのため、対象とする事物・現象のデータを収集し、解析して、答えを導いていく。そして、その答えをより強固なものとするため、データ収集・解析を繰り返し、答えを一般化していく。このやり方には、帰納的と演繹的なアプローチがある。また、解析していく過程では、一般に複数のスキルが用いられる。

学校教育では、この一連の過程を児童・生徒に体験させ、科学的思考力を養うことを試みている。米国では、学校で科学的思考力を養うためにプロセス・スキル（アメリカ科学振興協会(AAAS: American Association for the Advancement Science)）やサイエンス・プラクティス（次世代科学スタンダード(NGSS: Next Generation Science Standard)）(NGSS Lead States, 2013) の手法が用いられている。これらの手法では、問題の発見、観察・実験の計画・実施、データの分析・解釈、仮説設定、モデルの構築、推論などで、自然科学を研究する上で一般に用いられている方法を体験させている。理科の観察・実験の授業で、これらの手法を意識的に用いて、問題の解決をさせれば、児童・生徒は科学の方法を体験的に理解し、科学的思考力を身に付けることができる。これには、観察・実験の重要な過程でそこを理解させるための質問（フォーカス・クエスチョン）をすると、観察・実験の意義を理解させることができる。

自然の事物・現象に対する感じ方は、個人により異なる。そのため、学校教育で、児童・生徒全員に同じように自然の事物・現象を不思議と感じさせ、それへの興味・関心を持たせて、一斉授業を行うのは難しい。このため、一斉授業では、演繹的に進めるのはやむを得ないだろう。しかし、演繹的な活動の中でも、上記の手法を用いると児童・生徒の科学的思考力を養うことは可能である。

2. 2 教育委員会等との協力

教員研修は教員が参加できる日に設定する必要がある。教員には学校での児童・生徒の指導があるので、それを考慮して研修の日時を設定する必要がある。また、教員には学校での勤務時間が定められているので、研修に参加することが仕事の一部として認められる必要がある。そのためには、教育委員会等との連携が必要である。東京学芸大学理科教員高度支援センターは、東京都教職員センターと連携し、東京都の公立小・中・高等学校の教員の研修を東京都の理数系教員指導力向上研修として実施している。理数系教員指導力向上研修として受講する教員は、出張扱いされる。理科教員高度支援センターでは、土・日曜を含む休日にも教員研修を行っているが、休日の研修を受講する教員は出張扱いされていない。

3. 教員研修の設定

3. 1 教員研修の種類

理科教員高度支援センターでは、研修に参加する教

員の実情を考慮して、教員研修を次の2つに大別して実施している。

(A) 観察・実験を苦手とする教員向けの研修

(B) 観察・実験指導が得意な教員向けのスキルアップ研修

(A) は、主として小学校教員向けの研修で、小学校理科の教科書に記載してある観察・実験に準拠した内容で行い、研修で学んだことをすぐに学校での授業で役立てられるように配慮している。このため、研修テーマは、近隣市の小学校でのカリキュラムを考慮している。(B) は、主として中・高等学校の理科専科教員向けの研修で、教科書レベルの内容も含むが、それよりも高いレベルの観察・実験を取り入れて教員のスキルアップを図っている。観察・実験の種類によっては、大学設置の機器も利用している。この研修へは、観察・実験が得意な小学校教員も参加している。

理科教員高度支援センター設立当初に実施した研修では、(A)、(B) の区別をせずに研修テーマと簡単な内容の説明をして参加者を募集していたが、受講者の

アンケートに「難しかった」との回答と、「簡単すぎた」との回答もあった。(A)、(B) の区別を明確にして募集するようになってからは、相反する回答はほとんどなくなり、研修内容に「満足している」との回答が多くなった。教員研修を計画する際に、(A)、(B) のように研修レベルの区分を明確にすることは、教員に役立つ研修をするために意味がある。

3. 1. 1 研修の進め方

理科教員高度支援センターでは、教員の理科指導力と研究能力の向上をめざし、上記の留意点を踏まえて、次の5ステップ(図1)に沿った統一的手法で教員研修を計画し実施している。この5ステップに沿って教員研修を計画する方法は、各研修の内容と実施法のレベルの維持・向上に役立っている。

ステップ1. 研究テーマと研修内容の決定

理科教員高度支援センターでは、上述の留意点に沿って(A)、(B)の研修のテーマを決定し、ガイドブック「小学校理科の実験と観察」、「中学校理科の実

ステップ	内 容		ポイント
	項目	具体的な作業	
ステップ1	研修内容の必要性の検討	(A) 観察・実験を苦手とする教員向けの研修	<ul style="list-style-type: none"> ・学校で使用している教科書に準拠して研修事項を決める ・受講者の知識と観察・実験能力を把握する
	研修内容の選定	(B) 観察・実験指導が得意な教員向けのスキルアップ研修 スキルアップする事項の明確化	
ステップ2	1. 研修の題目	1. 研修の題目の決定	<ul style="list-style-type: none"> ・応募者に印象づけさせる ・応募者に研修内容を理解させる、興味を持たせる ・研修の順番を決める ・受講者が研修の流れを理解するように工夫する ・観察・実験の活動意識の高揚 ・受講者に観察・実験の科学的意義を理解しやすいようにする ・一人で行えるようにする ・質問内容を決める ・受講者が研修のポイントを把握できるようにする ・ワークシートには記入できるように余白を設ける ・8項目のサイエンス・プラクティスから選定する ・指導者による受講者の理解度の評価用 ・受講者による理解度の自己評価用
	2. 研修の内容と流れを構成	2. 概念の流れ図(コンセプト・フロー)の作成 思考の過程の遵守(具体から抽象化)	
	3. ディレクションの作成	3. フォーカス・クエスチョンの設定	
	4. ワークシートの作成	4. 観察・実験の操作の記述 5. 設問化	
	5. チェックリストの作成	6. サイエンス・プラクティスの適用 科学の方法の習得	
	6. チェックテストの作成		
ステップ3	研修の実施	1. 研修内容と活動の説明	<ul style="list-style-type: none"> ・研修に必要な基礎知識 ・簡潔で受講者に分かり易いように工夫する ・受講者はディレクションとワークシートに沿って活動 ・チェックリストにより理解度を評価する ・受講者により得られたデータの確認、科学的論理の正当性の自己確認と評価
		2. 実施	
		3. 事後説明	
ステップ4	評価	1. 研修者	<ul style="list-style-type: none"> ・チェックテストにより自己評価する ・受講者の自己評価と指導者の評価を比較する
		2. 指導者	
ステップ5	報告書作成	1. 研修者の行動を認識 2. 研修者の理解 3. 反省点と問題点の洗い出し	<ul style="list-style-type: none"> ・必要に応じて研修内容を改善する

図1. ワークショップ・デザイン

験と観察」を作成しており、基本的にはこのガイドブックの記載に沿って研修を実施している。研修の際には受講者にチェックテスト又はアンケート調査を実施しているため、研修内容の見直しを常時行い、必要に応じてガイドブックを修正してきた。また、(B)の研修では、教員のスキルアップに必要な知識や技能をテーマとしたガイドブックには記載されていない内容の研修や教員の要望を取り入れた内容の研修も実施している。このような研修内容は、必要な見直しを行い、ガイドブックの改訂の際に追加している。

ステップ2. 研修用ディレクション, ワークシート, チェックリスト等の作成

研修内容を決定した後で、研修に用いるディレクションを作成するために、研修目的の達成に必要な理解すべき概念間の関係を示した概念フロー（コンセプト・フロー）を作成する（図2）。これは、ディレクション・ワークシート（付録1）を作成するための設計図ともなる。ディレクション・ワークシートは、研修の内容や流れを理解し、受講者自身で観察・実験ができ、そして観察・実験記録を取り易くするために作成している。ディレクションとコンセプト・フローを用いることにより、研修の流れが科学的思考の流れに則っていて、具体から抽象化・一般化、帰納から演

繹へという科学的方法論に合っていることを理解することができる。コンセプト・フローの作成と同時に、フォーカス・クエスションの項目を設定し、サイエンス・プラクティスの手法を適用する。フォーカス・クエスションは、受講者に研修テーマの目標と内容を把握させ、観察・実験の目的を認識させるとともに、結果を予測させ、能動的に研修に取り組ませるために導入しており、図2に例を示した。サイエンス・プラクティスは、8項目（表1）からなり、受講者に観察・実験や解析などの手法の意義を理解させ、科学的思考力を育成するのに使うことができる（NGSS Lead States, 2013）。教員研修では、指導者が受講者に8項目のうちどの手法を用いているのかを尋ねることにより、受講者に科学的方法論を体験的に理解させることができる。そして、受講者の理解度を評価するためにチェックリストとチェックテストを作成する。両者は基本的に同じ内容のものである（図3）。チェックリストは研修指導者が受講者の理解度を評価するものであるため、チェックテストは、受講者が研修内容の理解度を自己評価するためのものである。両者の比較により、受講者の理解度と指導者の評価の整合性が浮き彫りになり、指導者は今後の研修の改良点を見いだすことができる。

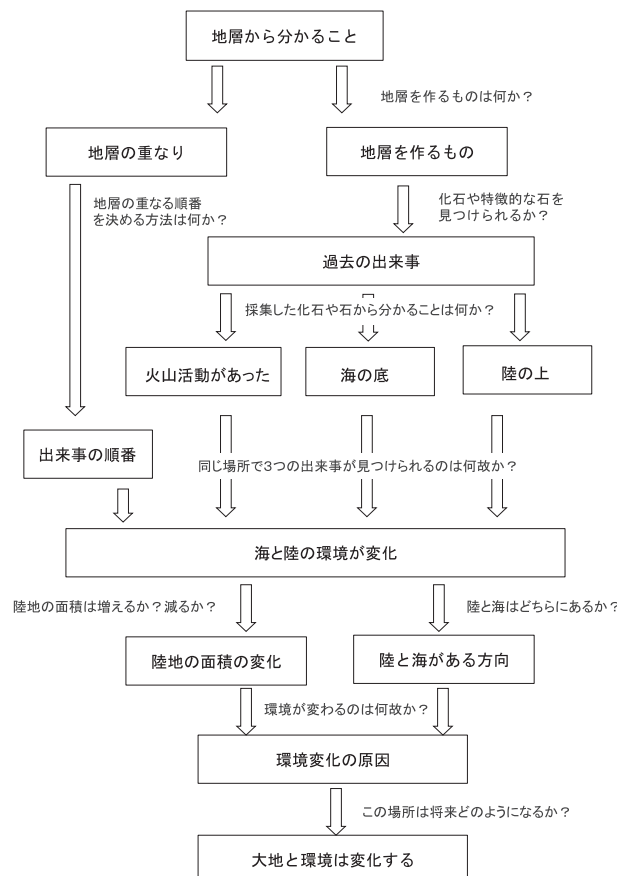


図2. コンセプト・フローとフォーカス・クエスションの例

チェックリストとチェックテスト

①単層と単層の境界を決めること			
a 一人でできた	b 相談しながらできた	c できなかった	
②泥砂礫の区別すること			
a 一人でできた	b 相談しながらできた	c できなかった	
③地層の厚さを測定すること			
a 一人でできた	b 相談しながらできた	c できなかった	
④地層の重なりを柱状図に表わすこと			
a 一人でできた	b 相談しながらできた	c できなかった	
⑤露頭の広がり considering して観察すること			
a 一人でできた	b 相談しながらできた	c できなかった	
⑥切り株化石と穴じゃこ化石ができた順序を決めること			
a 理解していた	b 説明で理解できた	c 相談しながらできた	d 理解できなかった

図3. チェックリスト (チェックテスト) の例

表1. Science Practicesの内容

Asking questions
Planning and carrying out investigations
Analyzing and interpreting data
Constructing explanations
Obtaining, Evaluating, and communicating information
Developing and using models
Using mathematics and computational thinking
Engaging in argument from evidence

ステップ3. 研修の実施

研修内容と活動、実施上の注意、事後処理等を観察・実験の実施に先立って説明する。研修内容と活動の説明では、その研修に必要な基礎知識も説明し理解させ、さらに、観察・実験での安全上の注意事項を徹底する。理科の授業での観察・実験指導を苦手としている受講者には、苦手意識を払拭させることが必要なので、説明を丁寧に行う必要がある。観察・実験は、受講者がディレクションに従って自主的に進める。指導者は受講者の活動をチェックリストでチェックし、必要なアドバイスができるように心掛けなければならない。事後の説明は、受講者が達成感を感じられるとともに、自信を持たせる機会となるように配慮することも大切である。

ステップ4. 評価

チェックテストにより受講者の自己評価を実施する。この評価結果に基づき、指導者は用いた教材や指導法の評価を行い、それらの検討と改善の機会とする。

ステップ5. 報告書作成

受講者の研修中の行動や内容の理解度について検討し、反省点や問題点を洗い出す。この結果を文章として残す。これは、次の研修の参考資料となり、担当者が代わったときは後任の担当者の参考にもなる。

3. 1. 2 著作権, 出版権, 特許の問題

研修で資料、特に教科書に準拠した資料を配布する場合には、著作権侵害の問題が起り得る。著作物の無断使用は、法律に抵触する。研修の主催者や指導者

は、配付資料の著作権には注意を払わなければならない。また、研修受講者も研修終了後の提出書類や授業での配布資料の作成時に注意する必要がある。思わぬ所でトラブルになることを避ける。

3. 2 研修設備と機器類

3. 2. 1 研修設備

研修を大学の実験室で行うと、設備が学校よりも整っている利点があるが、設備的に劣る学校の実験室で同じ実験を行おうとすると準備を含む実験時間が大幅にかかったり、場合によっては実験が再現できなかつたりすることがある。東京学芸大学では、学校現場に近い実験環境で研修を行えるように、机と椅子は大人用であるが、その他の設備は学校の実験室に近い教員研修用実験室を用意している(図4, 1)。日常勤務している学校での実験環境に近い条件下で研修を行う方が特別な場所との感を持たれないので、特に、実験を苦手としている教員には適しているだろう。

野外実習の場合には、観察・観測に適した場所の事前調査が必要である。研修を実施する場所の広さ、参加人数、交通の便、安全確保、トイレの有無なども考慮しなければならない。理科教員高度支援センターが

実施している立川市・日野市の多摩川河床での地質の野外観察の研修では、行きは現地集合、現地から実験室内での実習をする大学までの移動は大学のバスを使用している。現地集合のための詳細な案内、バスの駐車スペース、バス出発時刻、運転経路等の詳細な打ち合わせにより円滑に野外研修が実施できるようにしている。天候等によりやむなく当日中止せざるを得ない場合もあり得るので、その場合の周知法を事前に徹底しておく必要がある。

3. 2. 2 研修機器類

研修、特にスキルアップ研修では、機器を使用する場面がある。研修内容により必要な機器が異なるので、研修の種類が多くなれば、必要機器の数も増える。機器や実験で使用する器具・薬品を補完するための整理棚やそれらを管理するシステムが必要となる。理科教員高度支援センターでは、研修テーマ別に整理棚を設け、機器や器具を収納し、棚には収納されている機器や器具の一覧表を明示している(図4 2-4)。また、コンピュータ上で機器・器具・薬品等の収納場所を検索できるように管理しており、棚のどこにあるのかを容易に見つけられるようにしている。研修中に



図4. 1. 教員研修用実験室, 2. パッケージされた研修教材, 3. 研修室内の研修機器の保管棚, 4. 研修用機器の保管棚に添付されている物品リスト. いずれも東京学芸大学自然館内の共通実験室.

破損した器具は迅速に補充するようにして、今回の研修に支障が出ないようにしている。研修を安全に行うためには、定期的な点検も大切である。

4. 教員研修実施上の必要事項

4. 1 研修補助者の確保

理科の教員研修では、事前準備、事後の片付けには労力と時間を要する。また、受講者の数によっては、指導者1人で観察・実験の指導を行うのは困難であるので、補助者が必要となる。理科教員高度支援センターで行っている研修では、理科系の学部生や院生をティーチングアシスタントとして雇用している。理科の研修の補助者は、誰もができるわけではなく理科の観察・実験を経験している者である必要がある。児童・生徒の科学的思考力を育成するために研修で教員に科学の方法まで体験的に理解させるようにするには、補助者も少なくとも卒業研究程度の研究経験が必要となる。

教員が学校現場では自ら観察・実験の事前準備をし、後片付けもしなくてはならないことを考慮すると、教員研修内容に事前準備と後片付けを入れることも考えられる。小学校理科の「水溶液の性質」では、事前に薬品の濃度を調整する必要があるため、この内容の教員研修では事前準備の薬品の調整も含めている。事前準備や後片付けを研修に含めることは意義があるが、研修時間を考えると、全ての研修でできるというものではない。

5. まとめ

東京学芸大学理科教員高度支援センターでの7年間の教員研修の実施経験を踏まえて、海外の理科教育の動向調査も行い、理科の教員研修の企画から実施までをデザインした。本研究の特色は、教員研修にサイエンス・プラクティスの手法を取り入れ、研修を単なる教員の観察・実験技能の向上の機会とせず、学校での観察・実験授業を通して児童・生徒の科学的思考力を育成し得る指導力向上の機会としている点である。近年、各地の教育委員会等から理科の教員研修の実施、企画の相談を受けている。教育委員会等が各地域の教育事情に合わせて独自色をもって、理科の教員研修を企画・実施するのが良いが、教員研修の企画から実施までのマニュアルがないので、本研究の成果が役立つと期待される。

引用文献

- 馬場勝良・松川正樹・林 明・藤井英一・宮下治・相場博明, 1986. 地域を活かした地質教材の一試案—立川南方の多摩川河床を例として—. 地学教育 39, 193-201.
- 馬場勝良・松川正樹・松川萬里子, 2002. 多摩川中流域河床における地質野外実習教材の開発と実践研究. とうきゅう環境浄化財団, (一般) 助成研究, No.137, 111-182.
- 長谷川正・田 艶, 2009. 現職教員研修ガイド 小学校理科の実験と観察, 東京学芸大学平成19~21年度文部科学省の特別研究事業, サンプロセス (有限会社), 121p.
- 松川正樹, 2014. 理科に強い小学校教員養成の取り組み, Synapse 34, 13-17.
- 松川正樹・馬場勝良・林 慶一・小荒井千人・柊原礼士・宮口真木子, 2016. 多摩川中流域に分布する上総層群の残された問題の解決, 総括的研究と地質野外実習教材の改訂. とうきゅう環境浄化財団, (研究助成・学術研究, vol.45, no.321, 120p.
- 松川正樹・林 慶一, 1994. 地学とはどのような科学か?—地学教育の目標を考えるために—. 地学教育 47, 3-9.
- NGSS Lead States (2013) "Next Generation Science Standards: For States, By States" The National Academies Press.
- 吉原伸敏・前田 優・山田道夫・原田和雄・松川正樹, 2016. アンケート調査に基づく小学校教員の理科の観察, 実験に対する「教えにくい」学習項目とその理由の経年変化. 東京学芸大学紀要, 68, 285-296.

教科書にある実験・観察 小5下 「もののとけかた」

実験 ものの溶け方

【準備】

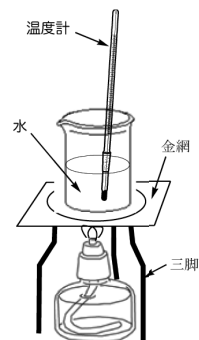
食塩, ビーカー (100mL, 5), メスシリンダー (100mL, 1), ガラス棒 (1), 駒込ピペット (10mL, 1), 蒸発皿 (1), 三脚 (1), 加熱用金網 (1), アルコールランプ (またはガスバーナー) (1), マッチ (1箱), 燃えさし入れ (1), 温度計 (100℃, 1), ふた付き容器 (30mL, 1), 電子天秤, 薬包紙

<注意> 電子天秤に, 食塩や食塩水が着かないようにする。着いたときは, すぐにふきとる。

【実験操作】

1. 水に溶ける食塩の量 (溶解度) を調べる

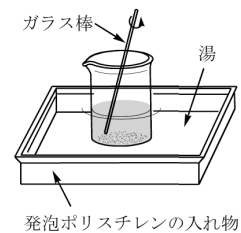
- 電子天秤のスイッチを入れゼロ合わせをする。
- 薬包紙の重さを量って記録した後, 食塩約 10g を計り取り, 正確な重さを記録する。
- メスシリンダーを用いて水 25mL を計り 100mL のビーカーに入れる。
- これに食塩を少しずつ入れ攪拌して溶かす (始めは 1g 位ずつ加えて良いが溶けにくくなったら 0.1g 位ずつ入れて良く攪拌する。食塩を加えるときに, 食塩と薬包紙を濡らさないように注意する)。
- 食塩が溶けなくなったら加えるのを止め, 残った食塩の重さを測定し記録する。
- 新しい薬包紙を用いて食塩約 20g を計り取り, 正確な重さを記録する。
- 50mL の水を 100mL のビーカーに入れて水温を測った後, 4～5 と同様な操作を行う。



指定の温度まで加熱したら, 火を消し, ビーカーを三脚から下ろして食塩を加える

2. 水温により食塩の溶ける量に違い (溶解度の温度依存性) を調べる

- 上の 7 の操作を行った後の食塩水をアルコールランプ (または弱火にしたガスバーナー) を用いて加熱し水温を約 55℃ にし, 火を消して三脚から降ろす。
- 上の 6 の操作で残った食塩を少しずつ溶けなくなるまで加え, 水温を測る (攪拌するときはガラス棒を用い, 温度計で攪拌してはいけない)。
- 残った食塩の重さを測定する。



<注意> 教科書では計量スプーンすり切り 1 杯ずつ加えて, 溶けなくなるまでに何杯加えるかを調べているが, 食塩の溶解度の温度依存性が小さいので用いる大きな計量スプーンを用いると温度による溶解量に差が出ないことがある。アルコールランプで加熱をする代わり



に発泡ポリスチレンの入れ物と湯を利用することもできる。

3. 食塩水を蒸発させる

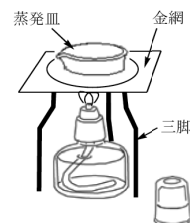
1 上の実験で得られた食塩水を駒込ピペットで食塩の溶け残りが入らないように 10mL を測り取り蒸発皿に入れアルコールランプ(または弱火にしたガスバーナー)で加熱する。

*

2 液が半分位に減ったら、火を消し、液が冷めてから観察する。

<注意> 蒸発皿は加熱を止めても直ぐには冷めないから、やけどには十分注意すること。

*ペトリ皿に食塩水を取り、日光の良く当たる風通しの良い所に置いて自然に水を蒸発させても良い。

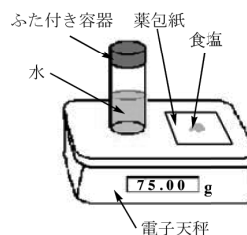


4. 食塩を水に溶かしたときの重さ

1 水 10mL を入れてふたをした容器と薬包紙の重さを量り、薬包紙上に食塩約 2g を乗せて全体の重さを正確に量り記録する。

2 食塩を、水の入っているふた付き容器に全て入れ、ふたをして良く振って溶かす(こぼさないように注意)。

3 2の食塩水が入った容器と用いた薬包紙を合わせて重さを量る。



【後かたづけ】

器具の洗浄：

スポンジがあれば、スポンジでこすって水で良く洗う。ガラス棒、温度計も水で良く洗い、駒込ピペットは、内部に水を十分流して洗う。ふた付き容器のふたも良く洗浄する。洗剤は不要であるが、水洗いを十分行わないと乾いたときに食塩が残ることがある。

洗浄後の器具は、器具ごとに乾燥用入れ物に入れ、自然乾燥する。

食塩水：

あまった食塩水は流しに捨ててよい。また、あまった食塩は濡れていなければ、元の容器に戻し、濡れていれば、溶かして流しに捨てる。

アルコールランプ：

実験終了後しばらく使用する予定がなければ、アルコールを抜いて保存用ビンに入れる。

【教員に必要な予備知識】

【理論】食塩・溶解度

【実験法】メスシリンダーの使い方(メニスカス)、駒込ピペットの使い方、はかり・天秤の使い方、かくはんの仕方、アルコールランプの使い方、蒸発皿を用いた加熱時の注意

【安全教育】温度計を使うときの事故に注意

教科書にある実験・観察 小6下 「大地のつくりと変化」

野外観察： 130 万年ほど前の東京の自然を復元しよう

【地層が露出する場所】

多摩川の中流域とその支流の浅川の河床には、60 万年～200 万年ほど前の地層が露出しています。特に、JR 中央線鉄橋を挟む上流と下流地域の立川市と日野市の境界付近では、130 万年ほど前の地層が河床に広く露出し、化石も豊富に産出します。この付近は、立川市緑地公園で、野球場や野外炊飯場などがあり、トイレや洗面場の設備もあります。

《事前の準備》

【準備するもの】

ワークシート、実習書、ハンマー、方眼紙 (A4 判サイズを 5 枚程度)、スケッチ板、筆記具、金属製の巻尺、マジックペン、新聞紙、サンプル袋 (ビニール袋)、弁当、水、ごみ袋、リュックサック (両手が自由に使えるように)

【服装】

ハイキングスタイル、長靴、帽子、雨具の準備

《現地での観察》

[一般的な観察事項]

1. ワークシート (①) 上のポイント 1 から 10 までのそれぞれの地点で、岩相 (地層の外見上の特徴で、具体的には、地層の種類、粒度)、地層の色、堆積構造、化石の種類を観察し、記録する。
2. 地層の断面が観察できる場所では、地層が重なる様子をスケッチする。何層の地層が見られるのか、それぞれの地層の岩相 (地層の外見上の特徴)、地層の色、堆積構造を記録し、含まれる化石を採集し、地層の厚さを測定しなさい。

[ポイント 1～3 での観察事項と柱状図として表現]

1. 1 枚、1 枚の地層の厚さを金属製の巻尺を当てて、測定する。
2. それぞれの地層の粒度を調べる。粒度は、物差しで測定して、泥 (1/16mm 以下)、砂 (1/16mm～2mm)、礫 (2mm 以上) で表す。泥と砂の粒度の相異は、指の感覚でも区別することができます。「指で地層を触り、その感触が『ツルツル』であれば泥、『ザラザラ』であれば砂です」。感触が中間的な場合、「ツルツル」感に多少の「ザラザラ」の引っかかりがあれば、「砂混じりの泥」と区分されます。
3. 地層の色を調べ、記述します。
4. 地層の重なりの様子を図に示したものを柱状図 (図 1) と呼びます。柱状図を作成する手順を説明します。

- (1) A4版の方眼紙(1mm 升目)を縦置きにする。
 - (2) 地層の重なりを縦軸に、地層の粒度を横軸にとる。地層の厚さを1/100の縮尺で表す。すなわち、厚さ1mは、1cmで示される。一方、地層の粒度はm(泥)、s(砂)、g(礫)として表す。具体的なグラフ表現は、地層の幅を3cm、m、s、gの粒度階級を1.5cm間隔とする。左側の余白は、地層の色、産出する化石の種類などを記述する。
5. 化石に名前をつけます。
付録の化石図鑑にある化石標本の写真と採集した標本を見比べて、名前を付ける。

[まとめ]

1. 柱状図に表現した地層の厚さの総数は何枚ですか？
2. 合計は何cmですか？
3. 自分の身長と厚さの合計を比べて地層の厚さの合計の妥当性を確かめましょう。計測した地層の厚さの合計が実際とは異なる理由を考えましょう。
4. 人が測定した地層の厚さの合計と比べましょう。厚さが同じにならない理由を考えましょう。

《事後のまとめ》

1. 総合柱状図(ワークシート②)を完成させます。これにより、調べた地層の重なる様子、各ポイントでの環境、環境の変遷が図として表現できます。作成方法は以下のとおりです。

(1) 柱状図を作成します。調べた地層の全部(ポイント0から10まで)を柱状図として、ワークシート②に表現します。柱状図を作成するためには、ポイント0からポイント10間での地層の厚さを見積もる必要があります。ポイント1からポイント3は、地層の厚さを実測しました。

ポイント1からポイント3までの地層は、実際に測定したので、その観察データをそのまま転記すればよいのです。しかし、ワークシート②で表現する柱状図のスケールと野外で作成した柱状図のスケールは大きく異なるので、ワークシート①では簡素化した柱状図で表します。

次に、ポイント3より上に重なる地層のデータを基に、柱状図を作成します。しかし、ポイント3からポイント10までは実測していないので、地図上で作図をして地層の厚さを見積もり、柱状図上での観察ポイントの位置を決めます。その方法は、以下の通りです。

(i) ワークシート①に示されている地層の分布と「**地層の延びの方向**」と「**地層の傾斜**」を基に、地層の厚さを見積もります。「**地層の延びの方向**」は、地層の分布に示された細い線です。例えば、ポイント3からポイント4の間に分布する地層の厚さ(実際には地層を観察していないので、柱状図上でポイント3とポイント4の間隔の距離を求めることになります)を求めるためには、

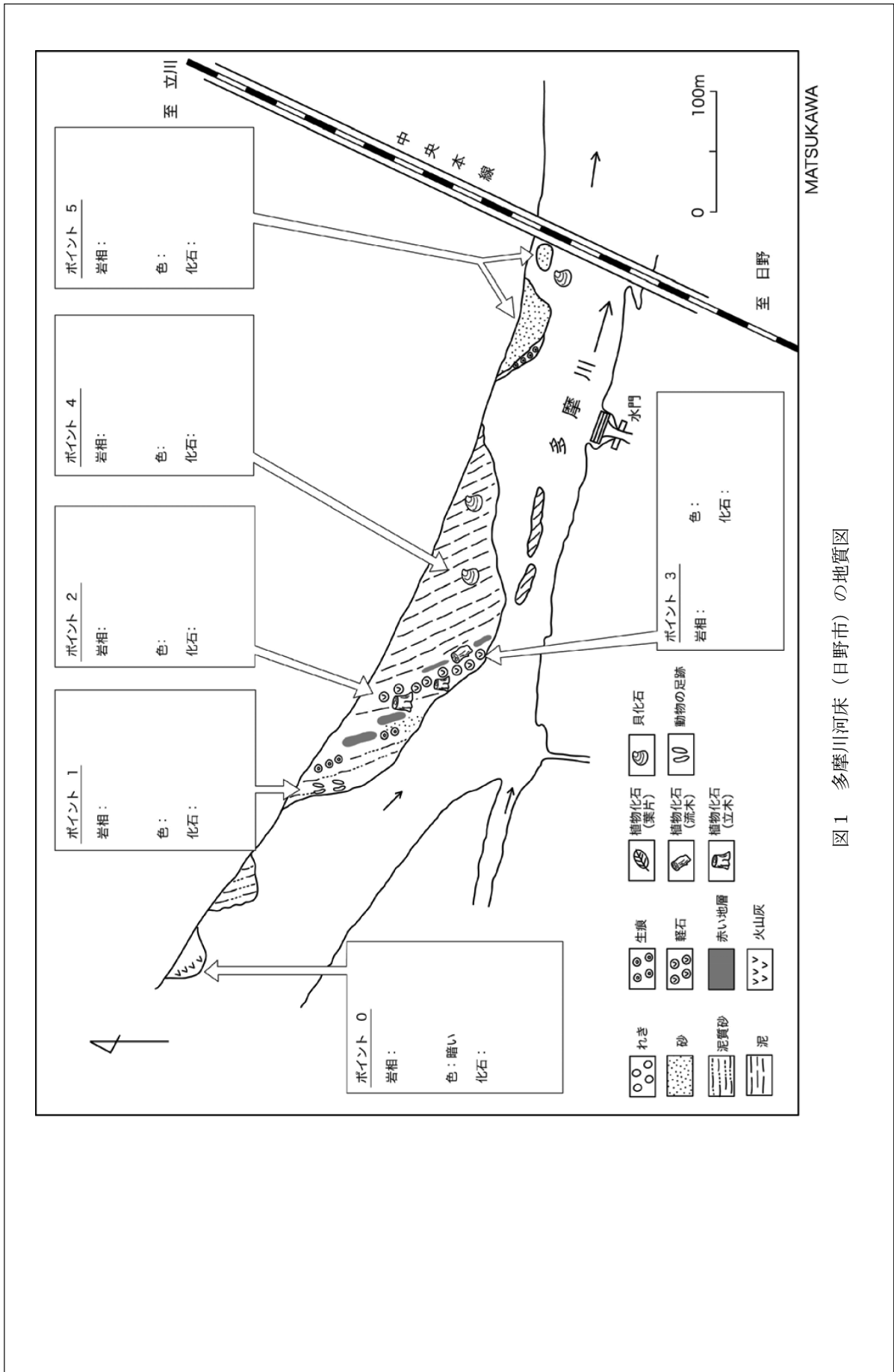


図1 多摩川河床(日野市)の地質図

付録1-5. ワークシートの例. 「土地のつくりと変化」3 (長谷川・田 (編集), 2009)

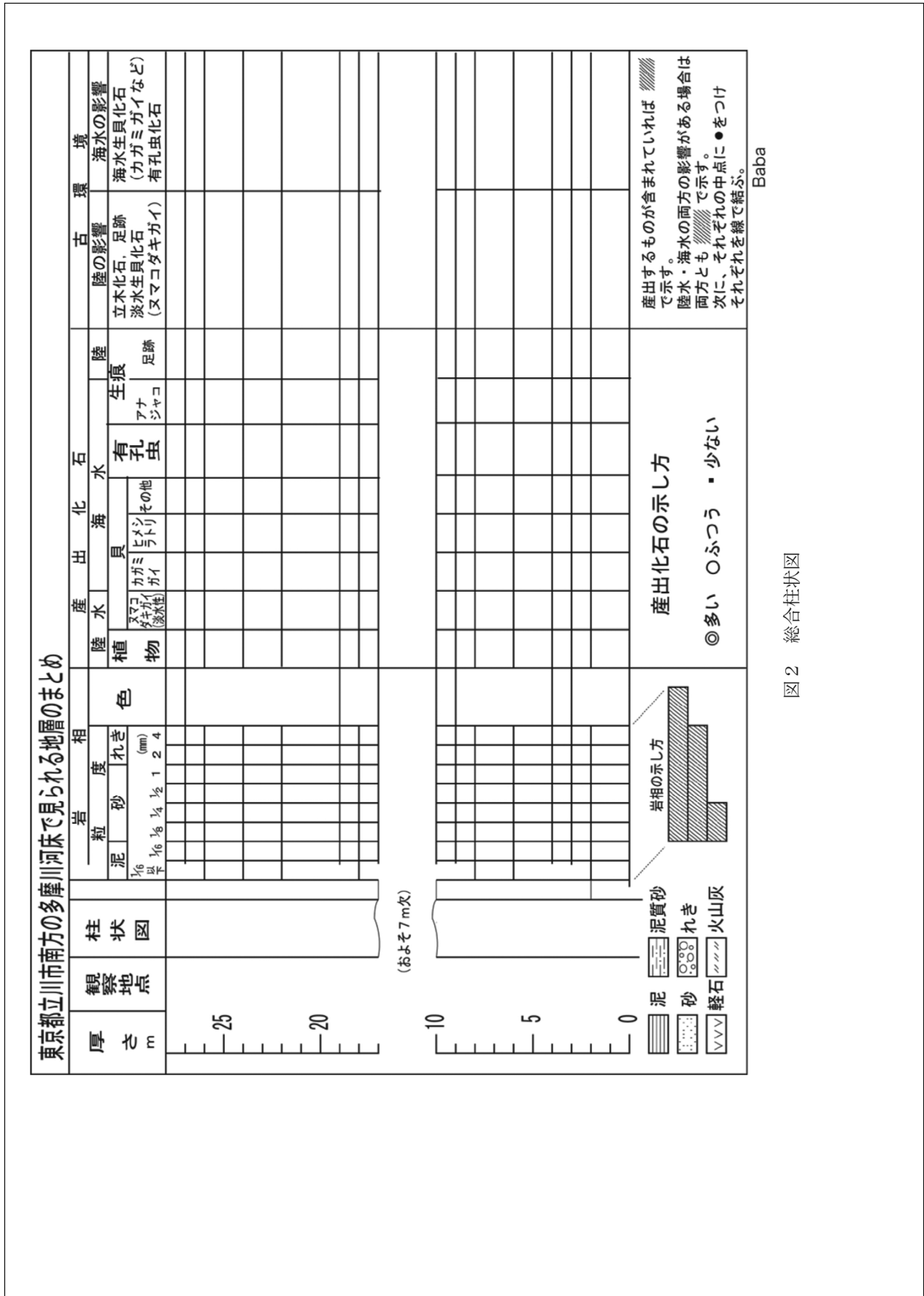


図 2 総合柱状図

付録1-6. ワークシートの例. 「土地のつくりと変化」4 (長谷川・田 (編集), 2009)