

地学領域におけるマイクロスケール実験 —小学校・中学校・高等学校の理科教科書の調査—

Microscale Experiment for Earth Science Field. Investigation of Science Textbooks in Elementary, Junior High, and High School

三上 知夏*・長南 幸安**

Chinatsu MIKAMI*・Yukiyasu CHOUNAN**

要 旨

近年、学校現場における新しい実験方法としてマイクロスケール実験が存在する。この実験方法は今までの実験の規模を小さくし、少量の試薬で実験をすることができるため、環境にも優しい。何より個別実験が可能なことから、子どもたち一人ひとりがじっくりと実験を行うことができる。この実験は試薬を用いる化学・生物領域の実験によくみられるが、個人実験が行えることに着目して、地学領域の実験について考える。地学領域では実験がほとんどなく、それぞれの現象の理解するために実験を行うと時間を費やすことが多い。本研究では、基礎研究として教科書に記載されている実験等を調査し、その中からマイクロスケール実験に適している実験を探る。調査の結果、マイクロスケール実験に適している実験は「結晶の成長」であった。このほかにも実験できるものを調査し、マイクロスケール化へ臨む。

キーワード：マイクロスケール実験，地学，教科書，地球

はじめに

マイクロスケール実験は、実験のスケールや試薬の量を従来の実験方法に比べて規模を小さくして実験する方法である。このマイクロスケール実験はグリーンサステナブルケミストリー（以下GSC）という理念が反映されている。GSCとは「物質を設計・合成し用いるときに有害物質をなるべく使わない、出さない」というグリーンケミストリーと、社会の持続的発展が可能な化学としての「サステナブルケミストリー」の2つが融合した考え方である^{1,2)}。

中学校・高等学校の学習指導要領においても紹介されている実験方法であり、主に試薬を頻繁に用いる化学領域において研究が行われている。マイクロスケール実験の主な利点は以下に挙げる通りである^{3,4)}。

1. 実験器具のスケールを通常よりも小さくする
2. 試薬と経費の節減と廃棄物の少量化

3. 試薬の少量化に伴い、事故防止に役立つ
4. 実験操作の簡略化による実験時間の短縮
5. 1～2人の個別実験が可能で、グループ実験とは異なる学習効果
6. 通常の教室でも実施が可能
7. 理科を専門としない教員も指導と準備が容易
8. 探求活動に応用しやすい

今までグループごとに活動していた実験が個人でもできるようになったことから、教師側が評価しやすい実験方法でもある。

化学領域での実験が多く存在する中、地学領域での実験の検討をする主な理由は以下の通りである。1つ目に、地学領域の内容は他の領域に比べ、実感を伴った理解をする場面が少ないと感じたためである。他領域では実験を通してある現象を理解したり、法則を見出したりするなどの発見学習が行われることが多いが、地学領域ではそのような活動が少ない。また、地

* 弘前大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, Hirosaki University

** 弘前大学教育学部理科教育講座
Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University

学領域の学習を行っている国は少ない。日本においても戦後から地学教育が始まったが、地学を専門とする教員が少ないという報告もある。他国においても地学教育が十分とはいえない状況である^{5,6)}。

このような理由から、同じ理科教育に位置する地学領域においても、実験を取り入れることで子どもたちの興味を地学領域に向けることができるのではないかと考え、地学領域でのマイクロスケール実験を考えてみた。その基礎研究として、今回は現在使用されている教科書を用いて、マイクロスケール実験に適している実験を調査する。

方法

平成23年度に発行された小学校・中学校・高等学校の教科書を用いて、地学領域の実験・観察・発展課題などを対象とした文献調査を行う。

文献調査

教科書を調査した結果を各学校ごと、出版社ごとに分類した表を挙げる。

1. 小学校⁷⁻¹¹⁾

表1 小学校における各教科書「地球」の分類

| | 東京書籍 | 大日本図書 | 学校図書 | 教育出版 | 啓林館 |
|---------------|------|-------|------|------|-----|
| 観 察 | 14 | 14 | 17 | 8 | 14 |
| 実 験 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| 調べよう・調べる・資料調べ | 21 | 5 | 5 | 5 | 7 |
| やってみよう・チャレンジ | 9 | 12 | 9 | | 8 |
| 観 測 | | | | 2 | |
| 発 展 | | | | 10 | 1 |
| 資 料 | | | | 4 | |
| 製 作 | | | | | 1 |
| 計 | 49 | 37 | 35 | 34 | 36 |

この分類した項目は、各教科書に記載されているものをそのまま引用したが、類似している部分においては「調べよう・調べる・資料調べ」のように1つの項目として取り扱うこととした。

この表から読み取れることは、小学校では「観察」に重点を置いていることが分かる。ここで、小学校学習指導要領に記載されている小学校での主な学習内容をまとめたものを挙げる¹²⁾。

表2 現在の小学校における「地球」の学習内容

| 学年 | 主な学習項目 | 学習内容 |
|----------|-----------|---------------------|
| 第3学年 | 太陽と地面の様子 | 日陰の位置と太陽の動き |
| | | 地面の温かさや湿り気の違い |
| 第4学年 | 天気の様子 | 天気による1日の気温の変化 |
| | | 水の自然蒸発と結露 |
| | 月と星 | 月の形と動き |
| 星の明るさ、色 | | |
| 星の動き | | |
| 第5学年 | 流水の働き | 流れる水の働き(浸食, 運搬, 堆積) |
| | | 雨の降り方と増水 |
| | 天気の変化 | 雲と天気の変化 |
| 天気の変化の予想 | | |
| 第6学年 | 土地のつくりと変化 | 土地の構成物と地層の広がり |
| | | 地層のでき方と化石 |
| | | 火山の噴火や地震による土地の変化 |
| | 月と太陽 | 月の位置や形と太陽の位置 |
| 月の表面の様子 | | |

この学習指導要領の内容と、表1の結果から、小学校の学習内容での「地球」においては、自然物を取り扱い、理解し、また自然現象の理解に努めていることが分かる。

2. 中学校¹³⁻¹⁷⁾

表3 中学校における各教科書「地球」の分類

| | 東京書籍 | 大日本図書 | 学校図書 | 教育出版 | 啓林館 |
|-------------------------|------|-------|------|------|-----|
| 実 習 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 観 察 | 10 | 9 | 3 | 4 | 4 |
| 実 験 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 観 測 | 1 | 1 | 5 | 5 | 4 |
| チャレンジ・トライ・やってみよう・試してみよう | 9 | 19 | 8 | 5 | 1 |
| 自由研究 | 2 | 17 | 6 | 10 | 9 |
| 科学の窓・広場 | | | 1 | | 1 |
| 作ってみよう・確かめてみよう | | 3 | | | 5 |
| 調 査 | | | | 1 | 1 |
| 発 展 | | | | | 2 |
| 演 示 | 3 | 6 | | 13 | 10 |
| 計 | 29 | 62 | 28 | 42 | 42 |

小学校と同様に分類した項目は、各教科書に記載されているものをそのまま引用したが、類似している部分においては1つの項目として取り扱うこととした。この表から読み取れることとして、小学校段階に比べると「観察」「実験」の項目がほぼ同量になっている。また、新たに「演示」の項目ができています。これは、

教科書に記載されているが、紹介されるものの実験を必ずやるということではないので、教師が生徒の理解を促すために紹介したり実際に実験を見せたりするなどをやるということで、この項目を作った。中学校は小学校に比べ論理的に学ぶ場面が多くなるために生徒が行う実験を省略して、教師が行うものが増えていると考える。

ここで、中学校学習指導要領に記載されている中学校での主な学習内容をまとめたものを挙げる¹³⁾。

表4 現在の中学校における「地球」の学習内容

| 学年 | 主な学習項目 | 学習内容 |
|------|--------------------------|---|
| 第1学年 | 火山と地震 | 火山活動と火成岩 地震の伝わり方と地球内部の動き |
| | 地層の重なりと過去の様子 | 地層の重なりと過去の様子 |
| 第2学年 | 気象観測 | 気象観測 |
| | 天気の変化 | 霧や雲の発生 前線の通過と天気の変化 |
| | 日本の気象 | 日本の天気の特徴 大気の動きと海洋の影響 |
| 第3学年 | 天体の動きと地球の自転・公転 | 日周運動と自転 年周運動と公転 |
| | 太陽系と恒星 | 太陽の様子 |
| | | 月の運動と見え方(日食, 月食を含む) |
| | | 惑星と恒星(銀河系の存在を含む) |
| | 生物と環境<「生命」と共通> | 自然界のつり合い 自然環境の調査と環境保全(地球温暖化, 外来種を含む) |
| | 自然の恵みと災害<「生命」と共通> | 自然の恵みと災害 |
| | 自然環境の保全と科学技術の利用<第一分野と共通> | 自然環境の保全と科学技術の利用 |

この学習指導要領の内容と表3の結果から、中学校の学習内容の「地球」では小学校と同様に自然物を取り扱い、理解し、また自然現象の理解に努めているが、「実験」「観察」の位置づけとしては、自然現象を論理的に考えるための手立てとして存在していると考える。

3. 高等学校¹⁹⁻²³⁾

表5 高等学校における各教科書「地学基礎」の分類

| | 東京書籍 | 実教出版 | 啓林館 | 数研出版 | 第一学習社 |
|--------------|------|------|-----|------|-------|
| 観 察 | 4 | 5 | | | 7 |
| 実 験 | | 4 | | 14 | 4 |
| 実 習 | | 2 | 9 | | |
| チョコラボ・やってみよう | 12 | 5 | 13 | | |
| 探 究 | 15 | 13 | 8 | 7 | 9 |
| 計 | 31 | 29 | 30 | 21 | 20 |

小学校・中学校と同様に分類した項目は、各教科書に記載されているものをそのまま引用したが、類似している部分においては1つの項目として取り扱うこととした。

この表から読み取れることとして、表1・表3と比べ、各教科書会社においてばらつきがみられる。しかしながら共通している部分は、必ず「探究活動」が存在しているということである。ここで高等学校学習指導要領に記載されている地学基礎での主な学習内容を求めたものを挙げる²⁴⁾。

表6 現在の高等学校における「地球」(地学基礎)の学習内容

| 地学基礎 | 宇宙の構成 | 宇宙のすがた 太陽と恒星 |
|------|----------|----------------------------------|
| | 惑星としての地球 | 太陽系の中の地球 地球の形と大きさ 地球内部の層構造 |
| | 活動する地球 | プレート運動 火山活動と地震 |
| | 移り変わる地球 | 地層の形成と地質構造 古生物の変遷と地球環境 |
| | 大気と海洋 | 地球の熱収支 大気と海水の運動 |
| | 地球の環境 | 地球環境の科学 日本の自然環境 |

この学習指導要領の内容と表5の結果から、高等学校の「地学基礎」の学習内容はより高度な内容となっており、小学校・中学校とは異なり地球という大きな規模で考えているために実験室での実験が限定されてくるために各教科書において記載されている活動にばらつきがあると考える。

考 察

小学校では「観察」が、中学校では「演示」が、さらに高等学校では「探究活動」が多いことが分かるが、中学校・高等学校においてはその数と同じくらい「発展・探求」「コラム」も存在していることである。これからマイクロスケール実験がどの段階に当てはまりやすいかということがわかる。「観察」に重点を置いている小学校段階では、実物を手にとって実験をするためにマイクロスケール化の手掛かりは見えない。しかし「自由研究」などの発展課題に応用できるのではないと思われる。前述にあるように、マイクロスケール実験は発展課題に応用しやすい。この側面を考えると、高等学校の実験への応用が考えられるが、マ

イクロスケール化ができそうな実験をこの中から吟味する必要がある。

また、試薬を少量にするという点において、試薬を使用した実験は中学校以外ではほとんど見られなかった。このことから、中学校段階での実験がマイクロスケール化に適しているのではないかと考えられる。特に「演示」の部分を検討すると、生徒一人ひとりが実験に取り組むことで、現象に対する理解が深まることが期待できる。

まとめ

今回は試薬の少量化に注目して、中学校第一学年で学ぶ「大地のつくりと変化」から火成岩のでき方についての実験がマイクロスケール化に向いていると結論付ける。この実験は、マグマに見立てた試薬が、火山岩を構成する斑状組織と深成岩を構成する等粒状組織と同じように結晶成長することを確認するために行われる。これは、各教科書ではコラムとして掲載されていることが多い。しかしながら、火山岩と深成岩のでき方の違いを子どもたちに実感して理解してもらうには、この実験が必要であると考えたためこの実験を今後検討していきたい。

参考文献

- 1) 芝原寛泰・佐藤美子
「マイクロスケール実験—環境に優しい理科実験—」
(2011) 株式会社オーム社
- 2) 佐藤美子・芝原寛泰
環境にやさしい理科教育実験
—中学校理科におけるマイクロスケール実験の実践例—
京都教育大学環境教育研究年報 第17号 (2009)
pp.15-27
- 3) 萩野和子
マイクロスケール実験の探求活動への応用
化学と教育 55巻7号 (2007) pp.336-339
- 4) 芝原寛泰
「中学校におけるマイクロスケール実験の活用」
中学理科通信 pp.8-16 2006年秋号 教育出版
- 5) 藤則雄
世界各国における地学教育の現状と日本のそれとの比較検討
金沢大学学術情報リポジトリ
<http://hdl.handle.net/2297/23568>
- 6) 八木勇治
「地学基礎」「地学」の問題点
<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/text/chigaku.pdf>
- 7) 新しい理科3・4・5・6 東京書籍
- 8) たのしい理科3・4・5・6 大日本図書
- 9) 小学校理科 3年・4年・5年・6年 学校図書
- 10) 小学理科3・4・5・6 教育出版
- 11) わくわく理科3・4・5・6 啓林館
- 12) 小学校学習指導要領解説 理科編
平成20年6月 pp.20-21
- 13) 新しい科学1・2・3 東京書籍
- 14) 理科の世界1年・2年・3年 大日本図書
- 15) 中学校科学 1・2・3 学校図書
- 16) 自然の探究 1・2・3 教育出版
- 17) 未来へ広がるサイエンス1・2・3 啓林館
- 18) 中学校学習指導要領解説 理科編
平成20年7月 pp.16-17
- 19) 地学基礎 東京書籍
- 20) 地学基礎 実教出版
- 21) 地学基礎 啓林館
- 22) 地学基礎 数研出版
- 23) 地学基礎 第一学習社
- 24) 高等学校学習指導要領解説 理科編
平成21年7月 pp.11

(2015.1.15 受理)