

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00973

研究課題名(和文)小・中学校の地層学習の科学理論的省察と地層形成実験・授業の開発に関する研究

研究課題名(英文)Verification of the lessons on strata in elementary and junior high schools and development of experiments and lessons on strata formation

研究代表者

廣木 義久(Hiroki, Yoshihisa)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：80273746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：小学校第6学年の地層の授業で実施するのに適した地層形成実験を開発した。小学校で実施するのに適した実験は通常流(河川流のような流水によって碎屑物が移動・運搬されるような流れ)によって礫・砂・泥からなる地層が形成される実験である。本研究では、直線型水路とドーナツ型水槽を用いた通常流による実験で、地層境界の明瞭な地層を形成させることができることが分かった。特に、ドーナツ型水槽に紙コップで市販の砂と土を投入する実験が、準備が容易で、実験方法も簡単で、授業で実施する実験として優れていることが分かった。さらに、ドーナツ型水槽に代えてビーカーを用いても適切な地層が形成されることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色は小・中学校における地層の学習内容および実験を地層形成理論に照らし合わせて根本的に見直すという点にあった。現行の小学校第6学年理科の教科書で扱われている地層形成実験は、主に2つのタイプの実験(堆積物重力流の実験・粒子の沈降にともなう分級作用についての実験)に集約されるが、本研究により、小学校で想定されている地層形成理論(通常流による地層形成)に合致し、かつ、今までとは異なる地層形成実験(ドーナツ型水槽を用いた実験)並びにそれを組み込んだ授業を提案することができた。今後、小学校で実施されている地層形成実験の方法の見直しが進むことが期待される。

研究成果の概要(英文)：Experiments on strata formation were developed for a lesson on strata in the 6th grade of elementary school. The suitable experiments carrying out in elementary schools are those in which detritus sediment strata comprising gravel, sand, and mud are deposited in stream water such as a river. In the research, the parallel strata with obvious bed contacts were formed in the experiments using a straight flume and a donut-like water tank. Especially, the experiments with a donut-like water tank and of throwing commercially available sand and soil with paper cups are excellent because they are simple in procedure and do not ask teachers for special preparation before carrying out the experiments such as sieving materials and setting sand supply equipment. Furthermore, experiment using a beaker instead of a donut-like water tank can also form suitable strata for the lesson.

研究分野：地学教育

キーワード：地層形成実験 地層の学習 小学校 理科

## 1. 研究開始当初の背景

### （1）地層形成実験に関する研究の現状

現行の学習指導要領では、地層に関連する学習は小学校第5学年の単元「流れる水のはたらき」、第6学年の単元「大地のつくり」、および、中学校第2分野の単元「活きている地球」でなされている。そこでは、児童・生徒の地層形成に関する理解を助けるために、教科書においていくつかの地層形成実験が扱われている。小学校理科の教科書で取り上げられている実験は、ペットボトルに水と砂や泥を入れてよく振り混ぜて、それを静置させる実験である。粒径の大きな粒子は小さな粒子よりも速く沈降するために、下から上に向かって粒径が徐々に小さくなる級化層理と呼ばれる構造をもつ地層が形成される。また、礫・砂・泥を桶にのせ、それを、水を張った水槽に流し込む実験もよく実施されている。これによって、下から礫層・砂層・泥層の順で地層が形成される。

小・中学校理科の教科書では、だいたい上記の2つの実験が扱われているが、地学教育研究においては、これまでに地層形成実験方法に関して実に多くの研究がなされてきた。1970年以降の理科教育関係学会誌、および、大学紀要に掲載された地層形成実験に関する論文の数は72本にのぼり、実に多様な実験方法が提案されている。その多様性は、形成させたい地層のタイプ、実験で再現させたい流れのタイプ、実験で使用される水槽のタイプ、実験で流す碎屑物のタイプ、扱いたい地層形成をコントロールする要因の違い、などによって生じている。このように、地学教育研究においては、多様な地層形成実験が提案されており、“地層形成実験の乱立状態”と言ってもよい状況にある。それぞれの研究は、それぞれに目的があってなされており、それぞれに新しい知見が提示されているが、それらの知見がどのように現行の地層の学習で扱われている地層形成実験に活かすことができるのか明確にされてはならず、それらの研究が実践に反映できていない状況にあった。

### （2）教科書における地層形成に関する混乱

上述のように、様々な地層形成実験が乱立している状況を生んでいるのは、現行の小・中学校理科の教科書における地層形成に関する記述が混乱していることに原因がある。具体的には次の2点の混乱が見られる。(i) 地層形成について、堆積物を堆積させる流れの種類（すなわち、通常流と堆積物重力流）が整理されておらず、地層のでき方の説明に混乱がある。(ii) 地層には階層性があり、単層スケールの地層のでき方と部層や累層スケールの地層のでき方は異なるのに、それらのスケールの違う現象が区別されずに記述されている。

学術的には、地層といっても、いろいろなタイプの地層があり（礫層・砂層・泥層・砂泥互層等）、地層のでき方もいろいろである（扇状地における土石流・蛇行河川の一方通常流・干潟の潮流・浅海の波浪・深海の混濁流等）。また、スケールも、厚さ数mmの地層（葉理）もあれば、厚さが100mに達する地層（累層・層群レベルの地層）もあり、それらの形成過程は全く異なることから、それらを同一に扱うことはできない。

### （3）地層の学習における問題の根本的な解決方法

上記のような地層形成実験研究における問題、教科書における地層形成に関する混乱の問題の根本的な問題は、まず何よりも、小・中学校の地層の学習において、「いったい何を学習させたいのか」が明確にされていないことにある。それが明確に示されれば、それを示すための地層のタイプを決めることができ、さらに、そのための実験装置と実験方法を決めることができる。つまり、小・中学校の地層の学習内容を地層形成理論の観点から科学的、理論的に検証することから始め、「いったい何を学習させたいのか」を明らかにすることが根本的な解決の出発点となる。

## 2. 研究の目的

### （1）教科書における地層形成に関する記述と地層形成実験の理論的検証

小学校第5・6学年理科、および、中学校理科第2分野の教科書における地層形成の記述に関して、扱われている流れの種類と地層のスケールについて調査し、整理する。また、扱われている地層形成実験がどのような地層形成理論に基づいているのかを明らかにする。

### （2）小・中学校理科での学習にふさわしい地層形成実験の開発

小・中学校理科で記述されている流れの種類と地層のスケール、および、教科書で扱われている地層形成実験が現行の学習指導要領に整合的であるか、それは地層形成理論と照らし合わせて妥当であるのかについて検討し、小・中学校理科での学習にふさわしい地層形成実験を開発する。

(3) 実際の授業で実施しやすい地層形成実験の開発

開発した地層形成実験について、実際の授業で実施しやすい実験にするための改善方法について研究する。

3. 研究の方法

本研究は、次のプロセスによって実施した。

(1) 教科書における地層形成に関する記述と地層形成実験の理論的検証

小学校第5・6学年理科、および、中学校理科第2分野の大手5社（東京書籍・啓林館・学校図書・大日本図書・教育出版）の教科書について、地層形成に関する記述に関して、扱われている流れの種類と地層の種類（スケール）について調査し、整理した。その上で、扱われている地層形成実験がどのような地層形成理論に基づいているのかを明らかにした。

(2) 小・中学校理科の学習にふさわしい地層形成実験の開発

小・中学校理科で記述されている流れの種類と地層の種類、および、教科書で扱われている地層形成実験が現行の学習指導要領に整合的であるかを検討した。その上で、学習指導要領の内容に整合的で、かつ、地層形成理論に合致するとともに、小・中学校理科での学習にふさわしい地層形成実験を開発した。

(3) 実際の授業で実施しやすい地層形成実験の開発

開発した地層形成実験について、実際の授業で実施しやすい実験にするために、投入試料の種類と試料の投入方法に関して改善方法を探った。

4. 研究成果

(1) 教科書における地層形成に関する記述と地層形成実験の理論的検証

小学校理科で扱われている地層の定義と成因について確認し、現行の小学校理科の教科書やこれまでに発行された学術論文で扱われている地層形成実験を整理、分類することにより、小学校で実施されている地層形成実験が小学校理科で扱われるべき地層と成因を再現するための実験となっているのかどうかについて議論した。

その結果、以下のことが明らかになった。

1) 小学校理科においては、礫・砂・泥からなる地層は流水の働きで、火山灰からなる地層は火山の噴火の働きでできると説明されている。

2) 小学校理科の教科書で扱われている地層形成実験はタイプA-1、A-2、B、Cに分類することができる（図1）。タイプA-1とタイプA-2は雨樋と水槽からなる装置で、タイプA-2には水槽中に傾斜板がある。タイプBは容器の中に碎屑物を直接流し込む実験である。タイプCは容器に水と碎屑物を入れて振るタイプの実験である。また、学術論文に掲載の地層形成実験は、上記の4つのタイプの他にタイプD～Mに分類することができる。

3) 小学校理科の実験で形成されるべき地層は流水（通常流）によって形成される礫・砂・泥からなる地層であるが、教科書で扱われている実験はいずれも通常流による地層形成実験ではなく、堆積物重力流による地層形成実験（タイプA-1、A-2、B）、もしくは、沈降にともなう分級作用による実験（タイプC）である。したがって、それらの実験は成因論的に小学校理科で行うのに適した実験とは言えない。小学校理科で実施されているタイプの実験以外に、学術論文に掲載されているタイプD～Mの実験の中にも小学校理科で実施するのにふさわしい実験は見当たらない。したがって、小学校理科で実施するのに適切な地層形成実験の開発が必要である。

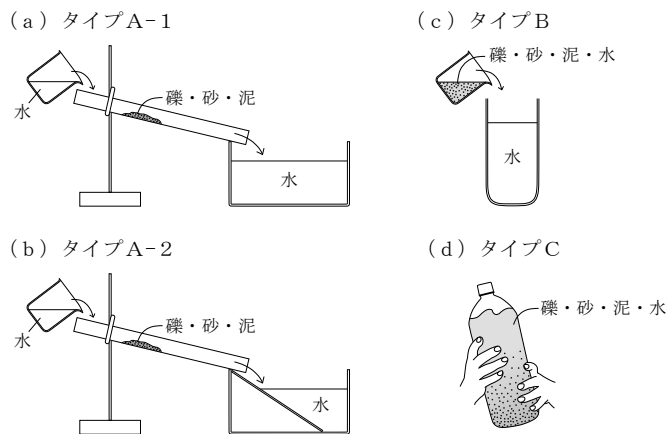


図1 教科書に掲載の地層形成実験

(2) 小・中学校理科の学習にふさわしい地層形成実験の開発

1) 直線型水路を用いた通常流による実験

直線型水路を用いて、通常流のもとで、投入する試料の組み合わせを変えた4つの実験を行った（図2、3）；実験A（細礫と細粒砂）、実験B（細礫と極細粒砂）、実験C（細

粒砂と泥), 実験D (極細粒砂と泥). 実験の結果, 実験A, Bでは, 細礫層と細粒砂層, もしくは, 細礫層と極細粒砂層の互層からなる, ほぼ平行な4枚の地層が形成された(図3 a, b). 実験C, Dでは, 泥層がレンズ状を呈したり, 地層境界が波状を呈し, 火炎構造が発達したりして, 平行な層状を示す地層とはならなかった(図3 c, d). 以上のことから, 直線型水路を用いて, 通常流のもとで, 細礫と細粒砂, もしくは, 細礫と極細粒砂を投入した実験において, 小学校第6学年の地層の学習で示したい, ほぼ平行な, 層状を示す地層を形成させることができると結論づけられた.

## 2) ドーナツ型水槽を用いた通常流による実験

小学校第6学年の地層の授業で実施する地層形成実験としてドーナツ型水槽を用いた実験を提案した. ドーナツ型水槽に粒径の異なる2種類もしくは3種類の試料を投入する6つの実験を行った(図4, 5): 実験A (細礫・細粒砂・泥), 実験B (細礫・極細粒砂・泥), 実験C (細礫・細粒砂), 実験D (細礫・極細粒砂), 実験E (細粒砂・泥), 実験F (極細粒砂・泥). 実験D・Eでは平行で明瞭な6枚の地層が形成された(図5 d, e). 実験A・B・Cでは地層境界が不明瞭な地層が形成された(図5 a, b, c). 実験Fでは極細粒砂層の下面に火炎構造ができてしまった(図5 f). 6つの実験のうち, 実験D・Eが小学校理科の地層の授業で実施する地層形成実験として適している. また, ドーナツ型水槽を用いた実験の利点として, 実験装置が軽量であること, 実験装置のセッティングが容易であること, 実験方法が簡単であることが挙げられる.

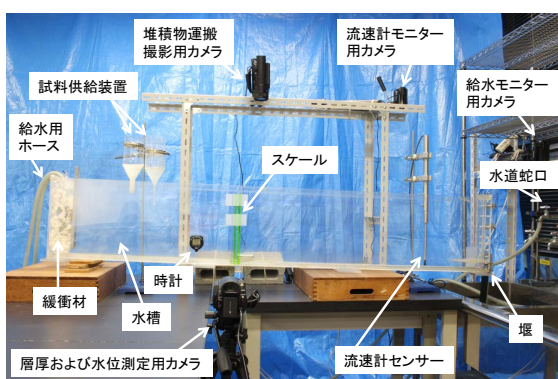


図2 直線型水路を用いた実験装置

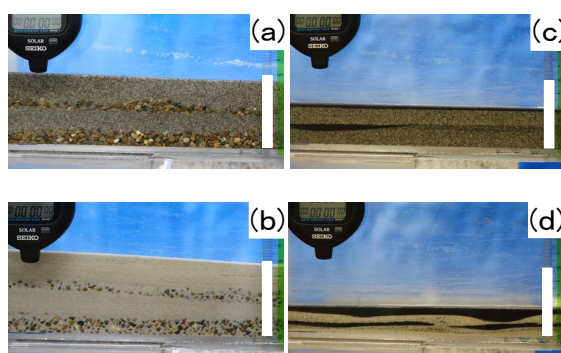


図3 直線型水路の実験で形成された地層



図4 ドーナツ型水槽を用いた実験装置

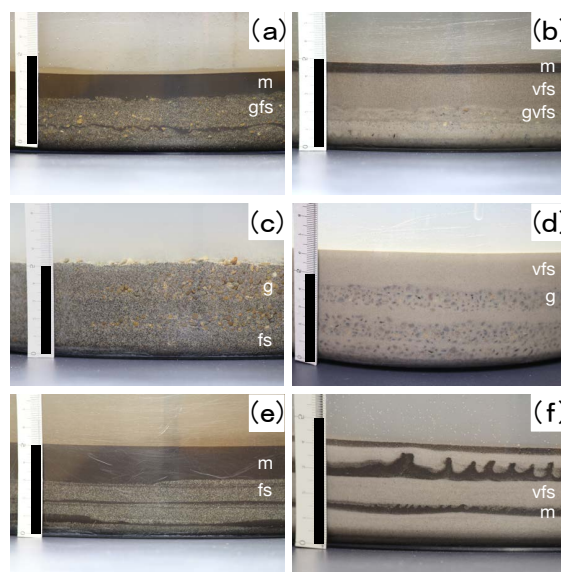


図5 ドーナツ型水槽実験で形成された地層

### (3) 実際の授業で実施しやすい地層形成実験の開発

#### 1) 市販の砂・土を使用したドーナツ型水槽を用いた通常流による実験

ドーナツ型水槽に市販の砂・土を投入して地層を形成させる6つの実験を行った(図6, 7): 実験A(マサ土のみ), 実験B(川砂のみ), 実験C(花の土のみ), 実験D(黒土のみ), 実験E(マサ土・黒土), 実験F(川砂・黒土). 実験E・Fでは細礫~細粒砂層(実験E)あるいは砂混じりの細礫層(実験F)と泥層からなる明瞭な6枚の地層が形成された(図7 e, f). 一方, 実験A・B・C・Dでは地層の境界が不明瞭であった(図7 a, b, c, d). そこで, 6つの実験のうち, マサ土と黒土(実験E)と川砂と黒土(実験F)の組み合わせが地層形成実験に用いる試料として適していると判断された. 本研究で試行した実験では, 試料を実験前にふるいにかけてりせずそのまま使用できるとともに, 給砂には紙コップを使用しているため, 実験の準備をする上で教員の負担も少なくすむことから, 授業で行う実験に適している.

#### 2) ビーカーを用いた簡易な地層形成実験

小学校第6学年の地層の学習において実施する簡易な地層形成実験として, ビーカーを用いた実験を提案し, 地層の学習に適切した地層が形成されるかどうかを検討した. 300 mL ビーカーに入れた水をスプーンでかき回すことによって水流を生じさせ, 紙コップを用いて川砂と黒土を2回投入した. その結果, 灰色の細礫混じりの砂層と黒色の泥層の繰り返しからなる4枚の明瞭な地層が形成された. したがって, 本実験は小学校第6学年の地層の授業で実施する実験として適切であると判断された.



図6 市販の砂・土を用いた実験

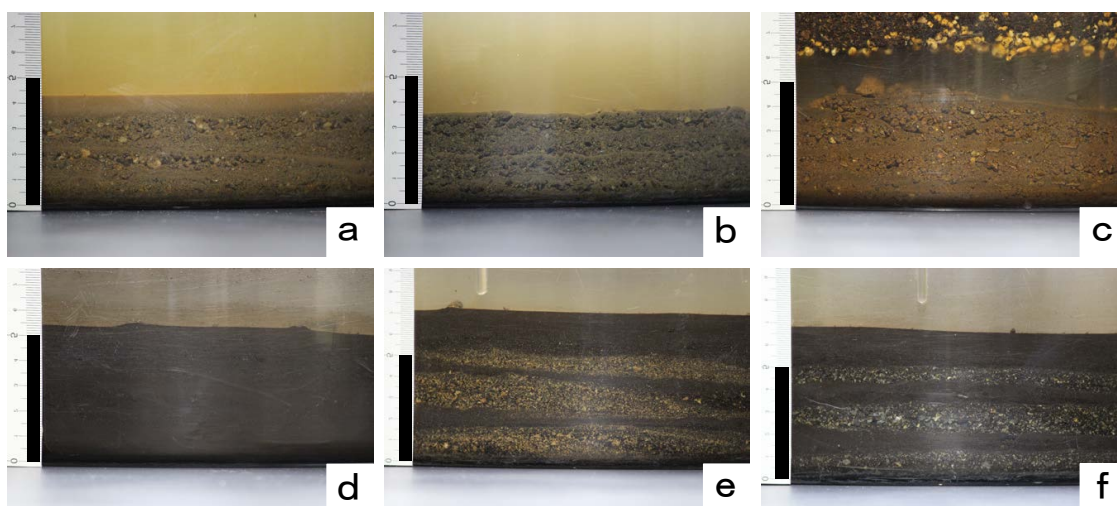


図7 市販の砂・土を用いた実験で形成された地層

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 廣木義久	4. 巻 71
2. 論文標題 ユールストロームダイアグラム - 流水による碎屑物からなる地層の形成の理解 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地学教育	6. 最初と最後の頁 97-107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 廣木義久	4. 巻 71
2. 論文標題 小学校の地層形成実験における問題点	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地学教育	6. 最初と最後の頁 117-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 廣木義久	4. 巻 73
2. 論文標題 小学校第6学年の地層の学習のための直線型水路を用いた実験	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地学教育	6. 最初と最後の頁 33-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 廣木義久	4. 巻 74
2. 論文標題 小学校第6学年の地層の学習のためのドーナツ型水槽を用いた実験	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地学教育	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 廣木義久
2. 発表標題 小学校の地層形成実験に関する問題点
3. 学会等名 日本地学教育学会第72回全国大会茨城大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣木義久・鏡畑 悠
2. 発表標題 小学校第6学年の地層の学習のためのドーナツ型水槽を用いた実験
3. 学会等名 日本地学教育学会第73回全国大会秋田大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣木義久
2. 発表標題 小学校第6学年の地層の学習のための直線型水槽を用いた実験
3. 学会等名 日本地学教育学会第74回全国大会オンライン大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------