

# 中学生のボーリングコアにおける堆積物の同定・対比能力

愛知教育大学大学院 理科教育専攻 理科教育学領域 藤田 勇哉

## 【要約】

露頭観察が困難な地域では、ボーリングコア資料の活用などの対応が求められる。本研究は、平野部のボーリングコア観察時において、構成物に関する科学情報を段階的に追加した場合の中学生の地層の同定・対比能力やその変容・地層の広がり認識について実態を分析した。稲沢市を資料・調査地点とした個別インタビュー調査結果より、同定能力については、①粒の大きさによって砂・礫の分類までは可能であるが、色や泥層粉碎物を礫と見なすことにより誤判断すること、②地層数や土質区分名の情報を与えることにより、概ね全生徒が地層境界付近で境界線を描画するところまではできること、③判別が付きやすい礫層や巨視的な分類から行くと正しく同定できうることがわかった。また、対比能力については、①観察によって同定能力が高い生徒は、別地点の巨視的な層序を当てはめて判断すること、②ある層内で粒の大きさや色の変化がある場合でも、地層分類する傾向は対比がなされていることがわかった。さらに、中学生は2地点の層序に関する情報に基づいて観察することで地層の広がりを認識できる。

## I. はじめに

### (i) 研究の背景

中学校理科2分野の大単元「大地の成り立ちと変化」にある単元「地層の重なりと過去の様子」では、学校の内外の地層を観察する活動を通して、生徒に地層の重なり方や広がり方の規則性を理解させることがねらわれている。しかし、三次の調査によれば、全国の中学校で地層の野外観察の実施率は11.9%であり、野外観察を実施していない理由としては、「野外観察を行う適当な素材や場所がなかったから」が75.9%、「野外観察を行う授業時間が確保しにくかったから」が56.4%挙げられた<sup>1)</sup>。学校近隣における観察に適した露頭の有無が、野外観察の実施に大きく影響していることがうかがえる。

平成20年改訂版の中学校学習指導要領解説理科編では、地層の広がり方の規則性の指導の取り扱いとして、離れた地点の地層を対比するほかに、ボーリングコアについての資料を活用して柱状図を並べて対比したりすることが例示されている。このことから、平野部などの露頭観察ができない地域では地層観察の代わりに、ボーリングコアを活用した観察や、その記載物である柱状図を活用した地域の地層学習が展開されることが望ましいと見なされていることがうかがえる。実際、ボーリングコアを活用した実践例はこれまでも紹介

されてきており、例えば、秦は小学校6年児童に平野部のボーリングコアと丘陵部の地層観察から構成物の違いを見出す授業実践を紹介している<sup>2)</sup>。また、宇佐美は、高等学校3年生徒にボーリングコアから過去の環境を読み取らせた授業実践を報告している<sup>3)</sup>。しかし、中学生を対象にボーリングコアの観察を実施した授業実践報告は少ない。また、そもそも中学生がボーリングコアの観察に必要な構成物を同定・対比する能力などが、実際に獲得・育成される可能性があるのかが明らかになっておらず、生徒の実態から検討をする必要があるものと考えられる。

### (ii) 研究の目的

本研究は、大単元「大地の成り立ちと変化」を未履修である、平野部にある中学校の生徒を対象に、地域のボーリングコアの観察時において構成物に関する科学情報を段階的に追加した場合の地層の同定・対比を行う能力やその変容、さらには地層の広がり認識の状態について彼らの実態を明らかにすることを目的とする。そして、ボーリングコアの観察を導入した理科授業の立案に関わって、生徒の学習可能性を引き出すために必要となる教師の教材開発で配慮すべき事項について示唆を得ることとする。

## II. 個別インタビュー調査について

### (i) 調査に使用するボーリングコア

本研究が取り上げる地域である稲沢市は、濃尾平野中央部に位置している。市内にある稲沢市立中央図書館の敷地内で建設前に採取された2地点(2本)のボーリングコアを観察素材として設定した。なお、2地点は約50m離れている。

地点Aのボーリングコアは、表1の通り29.5mの深度で採取されており、等間隔の範囲で30本の管瓶に分けて標本が封入され、ジュラルミンケース内で保管される。また、その地層構成を巨視的に捉えれば、盛土層(A1~A2)の下に砂層(A3~A13)、砂・粘土互層(A14~A23)、礫層(A24~A30)と3層が続いている。この3層を微視的に捉えれば、土質区分が示す通り9つの区分で構成されている。

表1 地点Aの標本番号と対応する地層構成

標本番号	深度(m)	層名	土質区分	
A 1	0.90	盛土層	礫混り砂質シルト	
A 2	1.90		ガラ	
A 3-4	3.70	上部砂層	シルト質砂	
A 5-12	11.50		シルト混り砂	
A13	13.00		シルト質砂	
A14-15	14.80		砂質シルト	
A16-17	17.00	下部砂・粘土互層	シルト質砂	
A18-21	21.10		砂質シルト	
A22	21.80		シルト質砂	
A23	22.90		粘土質シルト	
A24-30	29.50		第一礫層	玉石混り砂礫

地点Bのボーリングコアは、表2の通り28.3mの深度で採取しており、等間隔の範囲で29本の管瓶に分けて標本が封入される。また、地層構成は、盛土層(B1)の下に、粘性土層(B2~B3の中)、砂層(B3の中~B14の中)、砂・粘土互層(B14の中~B23の中)、礫層(B23の中~B29)と4層が続いている。この4層は微視的には、11区分で構成されている。

表2 地点Bの標本番号と対応する地層構成

標本番号	深度(m)	層名	土質区分	
B 1	0.80	盛土層	砂礫	
B 2-3中	2.40	粘性土層	粘土質シルト	
B 3中-4	4.00		シルト質砂	
B 5-5中	4.30	上部砂層	シルト混り砂	
B 5中-6	5.50		シルト質砂	
B 7-11	10.70		砂質シルト	
B12-14中	13.40		シルト質砂	
B14中-15	14.90	下部砂・粘土互層	砂質シルト	
B16-18	17.60		シルト質砂	
B19-20	20.00		砂質シルト	
B21-23中	22.40		シルト質砂	
B23中-29	28.30		第一礫層	玉石混り砂礫

2本のボーリングコア構成物を観察すると、砂や礫の層にあたる管瓶では、観察により粒の大きさから分類がしやすいが、粉砕物としての保存状態にある泥層の管瓶や、複数種の構成物が混在している管瓶では、大人でも観察から分類がしにくい状況にある。また、層内の区分で局所的に色が変化したり、管瓶表面に付着物がついていたりしているため、大人でも層序の情報がなければ、巨視的に地層を判別することさえできにくい状況にある。

地点Aでの地層の同定に関しては、まず、砂層と砂・粘土互層(以下、互層と呼ぶ)の境界が同定できない可能性がある。これは、A14から粉砕物が多く割合を占めるが、A12から粉砕物が混入し始めることや、A15は砂が含まれていないためである。一方、互層と礫層の境界では、A23に礫が混入し始めるが、A24に玉石があるため、同定がしやすい。また、土質区分の名称(玉石混り砂礫)から、さらに同定はしやすくなる。

地点Bでの地層の同定に関しては、いずれも管瓶の内部に境界が存在しているために同定がしづらい状況にある。まず、粘性土層と砂層の境界ではB3下側の砂層部分に粉砕物が存在するために同定がしづらい。また、砂層と互層の境界では、互層にあたるB14で下側に泥層が大きく1物体として存在するものの砂が多量に含まれていることや、B12から少しずつ粉砕物が混入し始めていること、B15では付着物がついていたりすることから、非常に同定がしづらい。互層と礫層の境界では、礫層での粒の大きさが互層に比べて倍ほどあり、砂が含まれていないものの、B20から同様の構成物が存在すること、玉石が含まれていないことから、地点Aよりも同定は難しい。そのうえ、土質区分の名称や深度の情報によっても、同定は困難な状況にあるものと考えられる。

また、表1・表2の両者を比較すると、地点A・Bの構成物が似通っているため、観察結果や柱状図から、巨視的な捉えで層序や長さまでは対比できる可能性はあるものと考えられる。しかし、地層の広がりや認識において粘性土層の存在に関する解釈までは位置付けることはできないものと思われる。

(ii) 調査の概要

▽調査対象者

稲沢市内の中学校3校の生徒5名を対象とした。

▽調査方法

ボーリングコア資料を持ち込み、4種の情報提供資料と2枚のワークシートを用いて個別インタビューの形式で調査を実施した。インタビューの所要時間は、1人あたり約30分間である。

▽調査の手順

調査は図3の手順で実施した。問1~7はワークシートに回答を記載させ、問8は口頭で回答を聴取した。また、各問回答後には、地層境界の同定理由を問い、分類での着目点を明らかにした。

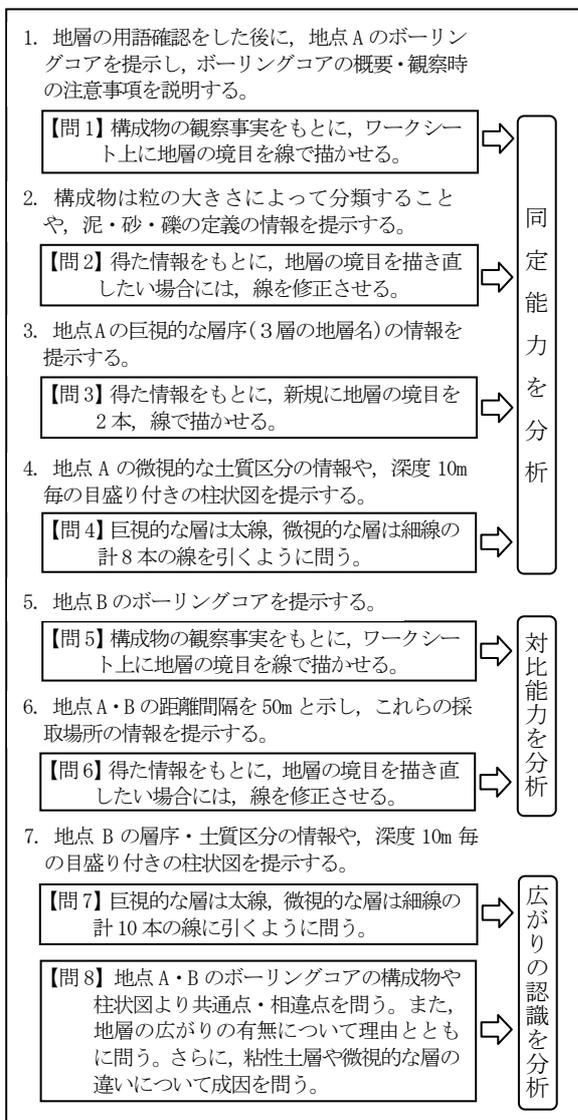


図1 個別インタビュー調査の流れ

III. 分析結果

(i) 中学生の地層境界の同定能力について

表3に地点Aのボーリングコアに関する問1~問4での各生徒の回答の描画線数と、土質区分との一致数を示す。盛土層を除き、巨視的には3層、9つの土質区分があるが、問1では2人が20本以上、残り3人は10本前後の境界線を描いた。また、一致数は半分以下であった。これらは表5に見られるように、正しい分類方法である粒の大きさで行っているものは9件しかなく、色が24件、地層の粉砕物が17件で行っているように、地層境界で

表3 境界描画線数と土質区分との一致数(問1~4)

生徒	問1	問2	問3	問4
M 1	10 (4)	4 (1)	2 (1)	8 (5)
M 2	11 (3)	変更なし	2 (1)	8 (4)
F 3	21 (5)	10 (4)	2 (1)	8 (3)
m 4	26 (6)	変更なし	2 (0)	8 (1)
f 5	10 (3)	変更なし	2 (1)	6 (1)

※表中の数字は描画線数を、そのうち土質区分との一致数を括弧内に示す。生徒IDは問4の回答での土質区分との一致数が多い順に1~5を割り当て、男子にMかm、女子にFかf(※小文字は一致数が1本の者)を左に添えている。

表4 地層境界に関する回答の一致状況(問1~4)

層の境界	生徒	問1	問2	問3	問4
砂層・互層 (A13・14)	M 1	○	× (A11・12)	○	× (A14・15)
	M 2	× (A15・16)	変更なし	× (A12・13)	○
	F 3	○	変更なし	× (A12中)	× (A10・11)
	m 4	○	変更なし	× (A11・12)	× (A14・15)
	f 5	○	変更なし	× (A11・12)	× (A14・15)
互層・礫層 (A23・24)	M 1	× (A24・25)	× (A24・25)	× (A24・25)	○
	M 2	× (A23中)	変更なし	○	○
	F 3	○	変更なし	○	○
	m 4	○	変更なし	× (A21・22)	× (A22・23)
	f 5	○	変更なし	○	× (A25・26)

※実際の境界と一致した回答は○で示し、不一致の回答には×を記したうえで括弧内に線を描画した箇所の標本番号を示している。

表5 地層分類における着目点(問1)

着目点	M 1	M 2	F 3	m 4	f 5	件数
色	4	3	2	6	9	24
層の粉砕物	2	0	4	9	2	17
粒の大きさ	0	1	3	0	5	9
割合	1	3	0	0	3	7
形	0	3	0	0	2	5
種類	2	0	0	2	0	4
付着物	2	0	0	1	0	3

ないところも境界と見てしまっている。また、構成物に関する説明で用いた用語から、多くの者が粉砕物を石や岩と表現したため、礫と誤判断していると思われる。表4に示す通り、巨視的な地層分類をみると、砂層と互層の境界では4人が同定できているものの、分類の着目点は2人が色、1人が粉砕物で判断していた。また、互層と礫層の境界では3人が、粒の形や構成物名を述べつつ、同定ができていた。その後の問2で、境界線を変更したM1とF3は、いずれも線数が半減している。同定できた層は、砂と泥が混在していない層であった。M1が巨視的に2箇所の境界で同定できなかった理由は、砂層と互層の境界では砂と泥が混在しているためであり、互層と礫層の境界では互層の粉砕物を礫としたためである。M2、F3、f5は問1の回答では正しい分類方法ではなかったと指摘したものの、問2で境界線を変更しなかった。

巨視的に見て3層であるという情報を与えた後の問3の段階では、全ての生徒が地層の境界付近で線を描画しており、概ね同定することができている。しかし、砂層と互層の境界では多くの生徒が色の変化や粉砕物の混入し始めたところで同定している。一方で、M1は層名から粉砕物を泥として同定できるようになったために、一致させることができた。互層と礫層の境界を同定できなかった理由は、M1はA25からの砂の混入に注目し、m4は粉砕物を礫と誤判断したためである。土質区分の情報や柱状図を与えた後の問4の段階では、境界線の一致数は描画線数の半分以下であり、特にm4は土質区分の名称のために混乱してしまい、砂層や互層の内部に1本ずつ描いていた境界線を描けなくなった。また、土質区分の名称から砂層内でも泥が包含されているという情報から、問3ではA14以前で分類していたにも関わらず、3人が砂層と互層の境界を色変化が大きくて砂が包含されていないA14・15間に変えており、同定できていない。しかし、M1は互層と礫層、M2は砂層と互層の境界を土質区分の名称に基づかせて同定できたように、生徒によって効果は分かれる。表6より、ボーリングコアを長く観察した生徒は2人、柱状図を長く確認した生徒は3人と2群に分かれるが、資料を長く確認した群の方が一致数は多い。

表6 境界線の一致数と観察方法との関係 (問4)

生徒	境界線の一致数	資料の確認時間	地層分類の判断順序	地層分類の見立て方
M 1	5	柱状図が長い	下部	巨視的
M 2	4	柱状図が長い	下部	巨視的
F 3	3	柱状図が長い	下部	微視的
m 4	1	コアが長い	上部	巨視的
f 5	1	コアが長い	上部	微視的

さらに、地層分類の判断順序では、下部から判断した群の方が、一致数は多い。これは、判断しやすい礫層の同定を優先することで、同定しにくい砂層・互層の範囲を絞って観察できることが考えられる。地層分類の見立て方では、巨視的に観察する者が3人、微視的に観察する者が2人おり、上位者では巨視的な方が多い。巨視的な地層の同定を優先することで、続いては地層内での観察に範囲が絞れることが考えられる。

(ii)中学生の2地点の地層の対比能力について  
表7・8には問5・6での、地点Bのボーリングコアに関する境界描画線数、土質区分との一致数とその一致状況を示す。問5でM1は地層境界付近で3層に境界線を描いており、地点Aの層序を対比させているとうかがえる。F3は地層Aの層序と対比できたうえ、粘性土層の存在も推定している。また、M2は2層を一致させている。そのため、同定能力の高い生徒は、対比能力も高いことが考えられる。さらに、層内の区分である砂の粒が大きくなるB6・B7と色が大きく変わるB11・B12でも、

表7 境界描画線数と土質区分との一致数(問5・6)

生徒	問5	問6
M 1	2 (1)	変更なし
M 2	5 (3)	変更なし
F 3	3 (1)	変更なし
m 4	5 (4)	変更なし
f 5	5 (3)	変更なし

表8 地層境界に関する回答の一致状況 (問5)

	粘性土層・砂層 (B3中)	砂層・互層 (B14中)	互層・礫層 (B23中)
M 1	× (無記入)	× (B15・16)	× (B21・22)
M 2	× (無記入)	○	○
F 3	× (B2・3)	× (B11・12)	× (B23・24)
m 4	× (無記入)	○	× (B24・25)
f 5	× (無記入)	× (B14・15)	× (B24・25)

それぞれ3人ずつ境界線を描いており、対比がなされやすいようである。粘性土層と砂層の境界は地点Aには存在していなかったため、4人が砂層のままと判断しているものと思われる。

2 地点間の距離間隔や採取場所の情報を提供した後の問6で、生徒は回答を変更しなかった。問5の段階で、M1・F3・m4は地点Aと対比させてつながりを認識したため、一方でM2・f5は構成物の観察と採取場所の情報だけでは対比に不安があったために、そのようであったのかもしれない。

(iii) 中学生の2地点間での地層の広がり認識について

土質区分の情報や柱状図を与えた後の問7の段階では、表9に示す通り、問5よりも描画線数が増加したのにも関わらず土質区分との一致数が減少した者が多い。地点Bでも土質区分の名称によって混乱し、F3は砂層、f5は砂層・互層の内部にそれぞれ1本ずつ境界線を描けなくなった。問4での一致数と比べた場合、M1は地点Bでも一致数が多く、高い同定能力を示している。表10に示すように、粘性土層と砂層の境界は3人がB2・B3で分類している。これは、B3に粉砕物が混在するために同定できなかったと思われる。また、砂層と互層の境界は全生徒が同定できず、それぞれ異なる箇所で分類している。このあたりの標本では、泥・砂の割合や色が1つ1つ異なるためと考えられる。互層と礫層の境界では、M1・m4・f5は問5

と同様の箇所でも分類しており、1度地層境界と見なすとそう見続ける傾向にあるのであろう。観察方法は表9の通り、まず地層分類の判断順序は上部からが4人、下部からが1人であった。問4に比べ、下部からが少ないのは地点Bには玉石がないために上下で分類のしやすさに変わりがないと考えられたためと思われる。さらに、ボーリングコアを長く観察した者が3人、柱状図を長く確認した者が2人と分かれる。地層分類の見立て方では巨視的に観察する者が2人、微視的に観察する者が3人に分かれた。しかし、これらには描画線の土質区分との一致数との間で関係性は見られない。地層境界が管瓶の内部にあることが影響しているのではないかと考えられる。

問8として2地点のボーリングコアの共通点・相違点に関して尋ねたところ、表11の通り、共通点としては、M1・M2・F3が地層の層序を指摘した。また、m4は「変わり目が同じ」と述べており、層序と厚みの共通性を表現しているものと思われる。これらの生徒は、層序の情報と、それに基づく構成物の観察による影響が大きいのであろう。しかし、f5は「層に分かれている」という指摘であり、地層の対応関係を理解していない可能性がある。また、相違点に関しては多くが粘性土層の存在を指摘するものと想定していたが、実際に指摘した生徒はM1・m4の2人のみで、M2は玉石の有無を述べたと考えられる。問5で層序まで対比でき、粘性土層を認識したものと解釈したF3やf5は、残念ながら指摘をしなかった。

さらに、表12に示す通り、2地点の地層がつながっているかを尋ねたところ、全生徒がつながっていると回答した。根拠としては、M1・M2・m4が層序を述べた。特に、M1は地層の厚みまで含めて回答している。また、F3は流水による空間的な堆積を述べ、f5は地層の印象だけを述べている。よって、全生徒が巨視的につながった地層として見ており、地層の広がりを認識しているものと考えられる。粘性土層や微視的な層の相違に関して尋ねたところ、M2・f5は、流水による運搬・堆積のメカニズムから説明した。そのために、複数区分の地層が1度に形成されたとも思考していることも考えられる。M1・m4は、距離間隔を指摘して説明して

表9 境界描画線数と観察方法との関係 (問7)

生徒	描画線数 (一致数)	資料の 確認時間	地層分類の 判断順序	地層分類の 見立て方
M1	10 (4)	コアが長い	下部	巨視的
M2	10 (2)	柱状図が長い	上部	微視的
F3	9 (2)	コアが長い	上部	微視的
m4	10 (2)	コアが長い	上部	巨視的
f5	8 (2)	柱状図が長い	上部	微視的

表10 地層境界に関する回答の一致状況 (問7)

	粘性土層・ 砂層 (B3中)	砂層・互層 (B14中)	互層・礫層 (B23中)
M1	× (B2・3)	× (B13・14)	× (B21・22)
M2	× (B4・5)	× (B12・13)	× (B24・25)
F3	× (B2・3)	× (B11・12)	× (B22・23)
m4	× (B2・3)	× (B15・16)	× (B24・25)
f5	× (B5・6)	× (B17・18)	× (B24・25)

表 11 2 地点のボーリングコアの共通点・相違点 (問 8)

	共通点	相違点
M 1	粘土みたいな粘性の地層がなければ、下から礫の層とか礫と砂の層、上に泥混じりの砂で泥が多めの砂の層、その上に砂が多めで泥がちょっと入っている層、で上に盛土層がある。	粘性の地層。
M 2	途中途中に必ず茶色い、自分たちでやったものから、少し粘土とか砂と泥が混ざっているものが多い、また砂が多いようになってから、石になっていく。	急に石になるのではなく、徐々に石になるところ。
F 3	最初に泥・砂が混じって、最後らへん礫などがある。	分かりません。
m 4	変わり目がほとんど同じになっている。	1つ境界が増えている。
f 5	いろんな層に分かれている。	(無言)

表 12 地層の広がり認識と地点間の相違点の解釈 (問 8)

	地層の広がり	粘性土層や微視的な層の相違
M 1	表を見てみると、だいたい長さと同じで、ここだけが混じっていてもおかしくないかなと。1個1個の長さも。	50mも離れてくると、中でけっこうこっちに来るに生じて、長さが広がったり、逆に縮んでその層が消えたりしても、別におかしくないかなと。
M 2	最初に、本当に大きく書いたように、段階的に見てみると、確かにつながっている。	もしそこで、洪水が起きたとしたら、ほとんど違う砂が流れてきたり、いろんなものが落ちてきたりするから。
F 3	水が近くで流れていて、土もたぶん近いと思ったから、同じものが流れてきて、似たようなものができたから。	分かりません。
m 4	資料として似てますし、実物としても似ているので。	50mくらい離れているということで、多少差ができてきているというのは、自然と出ることなんじゃないかなと。
f 5	つながってる？あつ。つながってる。大きく見たときに、がーとつながってるのを見たから。	層になる時、礫とかが積もるんじゃないけど、乗るところが違うところ、違うのか、こうやって変わるのかな。

おり、50m であれば空間的には多少の差はつきものであると捉えているようである。

#### IV. 考察

中学生が管瓶に封入されたある敷地内の 2 地点のボーリングコア標本を観察して地層を同定する能力に関しては、粒の大きさによって砂・礫を分類する段階までは可能であるようだが、色や、泥層粉砕物を礫と見なすことによって誤判断を行っている。また、地層の数や、土質区分名を添えた柱状図による情報を与えることによって、概ね全生徒が地層境界付近の数個の管瓶の範囲内で境界線を描画できており、同定可能だ。しかし、標本の入った管瓶 1 つの中に複数の構成物が混在するようなものも少なくないため、混入し始めたところか、割合が過半を占めるところかなど、地層境界の厳密な判断は難しいと思われる。土質区分の

名称情報を与えることで、地層境界の同定ができる生徒もいる一方、かえって混乱する生徒もおり、必ずしも効果的に働くわけではないことに注意が必要である。そして、判別がつきやすい礫層や巨視的な分類から行う者は、その後の観察範囲が絞られるために、正しく同定できる可能性が高いと考えられる。

中学生の 2 地点の地層のつながりを意識した対比能力に関しては、構成物の観察において、粒の大きさの同定能力が高い生徒は他地点の巨視的な層序を当てはめつつ判断する傾向にあると考えられる。ある層内で粒の大きさや色に変化がある場合でも、地層分類する傾向は対比がなされていた。

さらに、2 地点の層序情報に基づく観察では、微視的な差異を堆積過程の空間的な出来事の違いと捉えて説明していることから、地層の広がりを認識できていた。しかし、これらよりも遠い地点間など調査条件が変化した場合に、ボーリングコアの観察による学習が可能かどうか検討する必要がある。

これらより、中学生に平野部の層序構成が似通った近接 2 地点におけるボーリングコアを活用して地層観察や地層の広がり学習を行う際には、準備段階において、地層の巨視的な見取り図や柱状図など地域の地下構造の概要を表した資料を作成しておき、学習では予め生徒へ情報提供したうえで観察活動を行わせる必要がある。また、事前に与える注意事項として、粒の大きさや様子から基本となる構成物を識別することの重要性や粉砕物と礫の違いなど誤判断しやすいものの存在を指摘することが肝要であり、それらの例示に必要な教材教具（実物や写真）を用意することも求められる。土質区分に関しては、名称による混乱や同定の困難性を考慮して、必要性に応じて取捨選択した情報記載を行うとよいであろう。

#### 【引用・参考文献】

- 1) 三次徳二：「小・中学校理科における地層の野外観察の実態」、『地質学雑誌』, 第 114 巻, 第 4 号, 2008, pp. 149-156.
- 2) 秦明德：『地学的自然の学習構想とその実践』, 東洋館出版社, 1995, pp. 153-174.
- 3) 宇佐美徹：「ボーリングコアを利用した地層の学習―身近な大地のおいたちをさぐる―」, 京都教育大学理学科編集『フォーラム理科教育』, 第 9 号, 2008, pp. 15-19.