

郷土愛を育む地学教育をめざして

—郷土の地質情報を活用した小学校(富田林)の理科教育—

The earth science education to bring up a local patriotism
—A try at elementary schools in Tondabayashi
with utilizing local geological information—

森山 義博・遠藤 努・来住 愛子・坂本 隆彦
中條 佐和子・中塚 俊一郎・福田 貴洋・堀内 晴夏
森若 智子・三好 崇浩・米澤 佐和

Yoshihiro MORIYAMA・Tsutomu ENDO・Aiko KISHI・Takahiko SAKAMOTO
Sawako NAKAJO・Shunichiro NAKATSUKA・Takahiro FUKUDA・Haruka HORIUCHI
Tomoko MORIWAKA・Takahiro MIYOSHI・Sawa YONEZAWA

1. はじめに

小学校5・6年生の理科の教科書には、流れる水の働き、地層、化石、火山、地震と断層など地質学的な事項が詳しく書かれている。東京や大阪など市街化の進んだ地域では、児童たちが地層や化石などを見たり触ったりできる場所は非常に少ない。そのため教科書は、露頭がみられない地域や化石採集ができない地域の児童たちでも学習できるように工夫されている。しかし、市街化が進む地域でも少し学校から移動するだけで、地層が観察できたり、化石が採集できたり、断層などの大地の動きを実際の地層から学ぶことのできる場所はまだまだ多くある。そのような地域に住んでいても郷土の自然を意識することなく生活していることが多い。児童たちは、郷土の自然を意識することから郷土愛に芽生え、郷土を愛する心を育むことができる。児童たちが、生活をする郷土の自然現象を活用して学習することや本物を見たり触れることで、児童の郷土に対する愛着が育つことを願い、学校の教師と地域の地質を長年調査してきた地質調査者(地質インストラクター)が協力して行った実践的研究である。

2. 学習指導要領と今回の授業実践

文部科学省は、2008年3月小学校学習指導要領を改訂し2011年度から全面的に実施した。小学校理科の教科の目標として、文部科学省は従前よりほとんど変えていないが、新たに「実感を伴った」という文言を付加して「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」としている(文部科学省2008)。小学校理科

教育の中で地層や化石等については、B（生命・地球）区分の第5学年「流れる水の働き」と、第6学年「土地のつくりと変化（富田林市の小学校で使用する教科書では大地のつくりとなっているのでここでは大地を使用する）」に該当する。5年生の「流れる水の働き」では、流れる水の働き（侵食、運搬、堆積）、川の上流・下流と川原の石、雨の降り方と増水、災害について学ぶ。6年生の「大地のつくりと変化」では、地層のでき方や化石、火山の噴火や火山灰層、地震や断層と災害などで土地の変化を学ぶことになっている。ここに報告する喜志小学校、向陽台小学校、藤沢台小学校、高辺台小学校、寺池台小学校の5校（全て富田林市立）の授業では「実感を伴った」授業をめざして、第6学年の「大地のつくりと変化」単元の授業を同じ時期に行い、市内の地質情報や標本類の共同利用と関連する実験「漣痕（リップル）作成実験」と「断層・褶曲モデル実験」を取り入れる方法で行った。

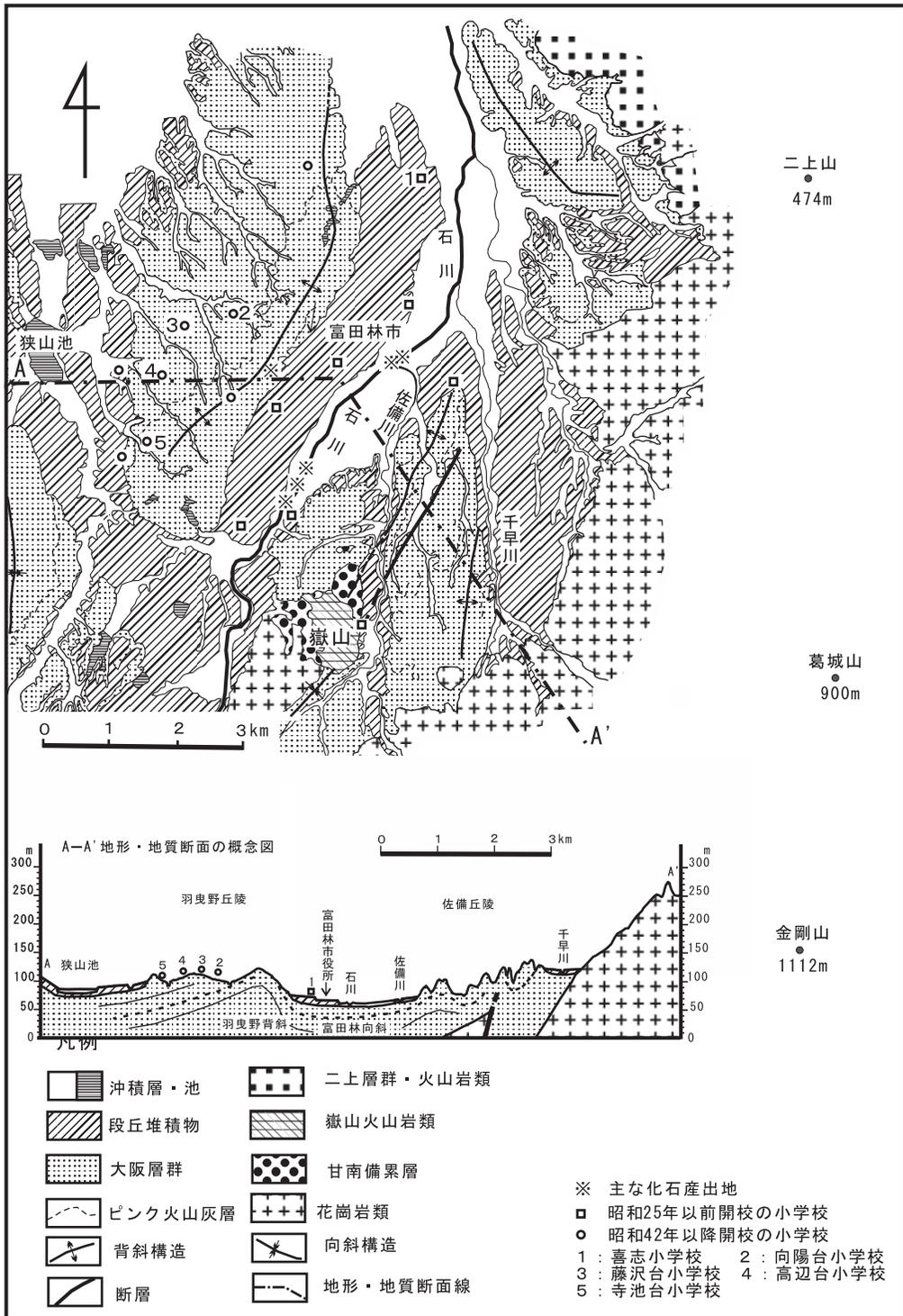
3. これまでの経過

地域の地質情報が少ない小学校の教師にとって「大地のつくりと変化」の単元は、ややもすれば教科書やデジタル教材、本からの絵や写真などの情報に頼る学習になりがちである。2012年、喜志小学校でこの分野を担当することになった著者の1人は富田林市教育委員会と相談した結果、地質インストラクターとの接点をもつことができた。その結果、富田林周辺の大量の地質情報や関連する実験を取り入れて、自然史を学ぶ授業を実施し児童の反応に手応えを得た（森山ほか2013、中條ほか2013）。富田林市内の学校、特に石川や地層が身近にない学校でも行える体験的な学習を模索するために、2014年春に喜志小学校の実践をもとに5校の教員が共同して「大地のつくりと変化」の授業を行うことを決めた。そして、2014年8月に地質インストラクターをむかえて、富田林周辺の地質資料の提供と「漣痕（リップル）作成実験」と「断層・褶曲モデル実験」の研修を行った。この研修を元に2学期の後半に5校の教員が、喜志小学校で2年間積み上げた単元指導計画「富田林の大地のつくりと変化（スライド及びプリントからなる）」を利用して授業を行い、さらに富田林市の出前授業による講師派遣と化石類の持ち込み展示や実験を行った。

4. 「大地のつくりと変化」の教育実践

4. 1 各学校の立地条件と授業の実施状況

富田林周辺の地形や地質の分布と富田林市立小学校の位置を示した（第1図）。地形的な景観は、市の中央部を南西から北東にむけて石川が流れ、石川の西側には羽曳野丘陵が南西～北西にのびた高まりをつくり、東側には南西から北東に佐備丘陵がのび、その南部には^{だけやま}嶽山が低い山地をつくる。さらに東側には二上山・葛城山・金剛山がそびえ、奈良県と大阪府の境をなす。基盤をなす山地・嶽山・二上山は、白亜紀の花崗岩類や火山岩類と中新世の甘南備累層・二上層群（地層と火山岩類）からなる。丘陵をつくるのは鮮新・更新統の大阪層群である。石川沿いには段丘が発達し、段丘と石川の間には細長い沖積平野が形成されている。大阪層群の



第1図 富田林周辺の地形・地質図と地質断面の概念図 (吉川 1973 を改編)

羽曳野背斜や富田林向斜などが南西から北東方向の地質構造をもつため、丘陵や石川が南西から北東方向にのびる地形を形成している。寺内町や集落の多くは、石川の氾濫原である沖積平野を避けて段丘面上に発達している。昭和25年の市政施行以前に開校した小学校はすべて段丘面上にあり、地域の人々にとって石川の流れや東部と南部にそびえる山地の峰々は故郷を象徴する地形であった。一方羽曳野丘陵の開発は昭和40年代から始まり、団地の形成と市街化が進み人口が増加した。富田林市には市立の小学校在16校あるが、その内昭和42年以降に開校した8校は全て羽曳野丘陵とその西端部に位置している。団地で生まれ育った児童たちにとって、石川は常日頃目にすることがない川であり、団地内の建物や高層の集合住宅の建物などに隠れてそびえる山の峰々も意識することが少なくなった。開発がほぼ終了した地域の団地では、地層を見る機会も減り石川の河床で遊ぶ機会も少なくなった。今回の授業に参加した5つの小学校の内4校はこのような団地内の小学校である。

各学校の事情により若干の授業形態が異なり、具体的な時間数や内容については第1表に示す。今回は単元指導計画「富田林の大地のつくりと変化」を利用して授業を実施し、総時間数は11～15時間である。ただし、喜志小学校のみ1時間に相当する野外見学を行っている。

今回の授業は、富田林市教育委員会の出前授業の制度を活用し、講師（地質インストラクター）の派遣と標本類の貸出を受けて行った。授業内容は足跡化石発掘を中心にした講演、化石や地層の標本観察、「漣痕（リップル）作成実験」、「断層・褶曲モデル実験」、地層探検（露頭での地層観察）である。今回の授業を行った小学校間では、統一した単元指導計画を利用したが感想文や復元図の作成や観察ノートについては特に統一していない。地層探検については喜志小学校だけが行なった。

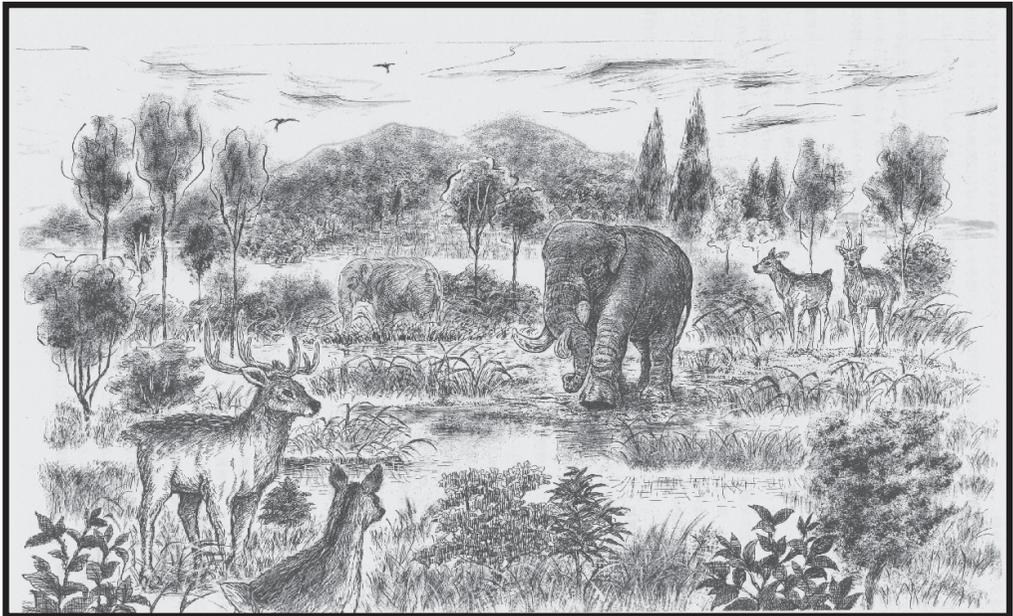
授業は高辺台小学校・寺池台小学校・向陽台小学校は理科専科の担当が行い、喜志小学校と藤沢台小学校は担任が行った。講演は地質インストラクターが各校1回行った。標本の解説は地質インストラクターが行った学校と授業者が行った学校がある。実験については授業者が行った。

第1表 「大地のつくりと変化」の授業実施状況

小学校名	喜志	向陽台	高辺台	寺池台	藤沢台
1 クラス数	3	2	1	3	2
2 児童数	30,31,30 計91人	25,25 計50人	32人	32,33,33 計98人	35,35 計70人
3 単元全体の授業時間数	15時間	13時間	11時間	14時間	11時間
4 足跡化石の発掘についての講演	1	1	1	1	1
5 化石標本類の観察	1	1	1	1	1
6 漣痕（リップル）作成実験	1	1	1	1	1
7 断層・褶曲モデル実験	1	1	1	1	1
8 地層見学（地層探検）	1				
9 感想文、観察ノート等	○	○	○	○	○
10 復元図	○	○		○	
11 授業担当者	担任	理科専科	理科専科	理科専科	担任

4. 2 足跡化石発掘調査と気候変動の講演

大阪府最高峰の金剛山の山頂近くにある「ちはや星と自然のミュージアム」に勤務した経験のある地質インストラクターが、発掘調査でわかったことや気候変動などの自然史を講演した。大阪でも標高1000mの金剛山山頂付近の気温は、平野部よりいつも6~7℃低く、北海道南部や東北地方の気温と似ており、冬期は近畿の日本海側や北陸地方の積雪状況とよく似ている。2万年前には富田林もこのような寒冷な気候であったことや、温暖な気候と寒冷な気候が約十万年ごとにくり返されてきたことを話した。



第2図 発掘調査にもとづいて描かれた100万年前ころの富田林

後背湿地や氾濫原が発達する時期の復元図。動物は前からシカマシフゾウ(大型のシカ)、アケボノゾウ、カズサシカ(小型のシカ)。空を飛ぶ水鳥の種名はまだわかっていない。背景の金剛山は低く、水辺を好む樹木(メタセコイアやハンノキなどの広葉樹)が描かれている。

次に、1989年から1992年まで石川の河床で高校生たちと行った足跡化石の発掘を中心に、どのような動物化石や植物化石が見つまっているのか(第2図)、それらの化石からどのようなことがわかるのかなどを説明し、気候や地形環境の変化なども話した。また、大阪平野を取りまく山地と平野の地下の断面図(第1図)を示して、石川の河床や丘陵をつくる大阪層群の説明と地震と断層運動によって低かった金剛山も今のような高い山地に変化したこと、衛星画像による大阪湾を見ながら瀬戸内海や大阪湾が昔から気候が変動する度に陸化したり海が進入してきたことを話した。詳しくは富田林市石川化石発掘調査団(1994)の「調査結果のまとめ-100万年前の富田林を復元する-」に述べられている(「調査結果のまとめ」は地質の専門家以外の市民や高校生にも読みやすいように、できるだけ平易な言葉使いとたくさんの図を用いて

編集されている)。

4. 3 化石と足跡化石等標本類の小学校への持ち込み展示とその解説

(1) 富田林の地質と化石およびそれらの保存と保管

富田林周辺の丘陵や市内を流れる石川河床に分布する大阪層群には、様々な化石や地質情報が含まれる。美山台(羽曳野丘陵東縁部)からは、アケボノゾウのキバと臼歯及びシカマシフゾウの角の化石を産出している(富賀・石上1984, 富賀・石上1987)。^{おちかた} 彼方の石川河床からは、大量の植物化石や動物の足跡化石が見つかり、1989年から1992年にかけて足跡化石等の学術発掘調査が行われた(森山ほか1990, 森山1991, 森山・富田林市石川化石発掘調査団 1991, 坂本・富田林市石川化石発掘調査団 1991, 富田林市石川化石発掘調査団 1991, 北田・富田林市石川化石発掘調査団 1992, 小西・富田林市石川化石発掘調査団 1992, 富田林市石川化石発掘調査団 1994)。その他富田林周辺の大阪層群の層序, 火山灰層, 堆積環境等に関して, 吉川(1973), 市原(1993), 坂本ほか(2001), 森山ほか(2003)によって報告され, 海成粘土層と砂層が繰り返す層序や, 海底のタービダイトの存在と, ピンク火山灰層準の詳しい堆積環境と変化が明らかにされた。

第2表 小学校に持ち込み展示した標本類

	標 本 名	数	保管場所等	備 考
1	アケボノゾウ	キバの化石(模型)	1 すばるホール	長さ約1.5m
2		臼歯の化石(模型)	1 すばるホール	3.4×4.2cm
3		足跡化石(模型)	1 埋蔵文化財センター	70×60×20cm、重さ11.4kg
4		足跡化石(研究用模型)	2 埋蔵文化財センター	直径46cm×深さ26cm
5		足跡化石レリーフ	2 埋蔵文化財センター	直径40cm×厚さ2cm
6		実物大パネル	1 埋蔵文化財センター	180×270cm(3分割)
7	カズサシカ	足跡化石(実物)	1 埋蔵文化財センター	42×51×22cm, 重さ27kg
8	ナウマンゾウ	キバの化石(実物)	1 私物	長さ22cm, 重さ1.8kg
9		臼歯の化石(実物)	1 私物	重さ1.9kg
10	アケボノゾウの実物大足模型		1 私物	
11	アフリカゾウの実物大足模型		1 私物	
12	アジアゾウの実物大足模型		1 私物	
13	メタセコイアの葉化石		1 私物	重さ3kg
14	地層剥ぎ取り標本	3	埋蔵文化財センター	①40×70×1cm②46×72×1cm ③30×70×1cm 重さ2~3kg
15	写真パネル等	20	埋蔵文化財センター	立ち木化石、発掘時の空中写真、発掘の様子、復元図など

すばるホールには、アケボノゾウの実物大骨格復元模型(滋賀県多賀町産):1体、アケボノゾウなどが歩いた様子がわかる足跡化石(行跡)の展示用模型(富田林市産, 175×250×40cm)2ヶ, トリの足跡化石模型(富田林市産):3ヶが保管されているが、今回は重量や大きさの関係から持ち込み展示には利用しなかった。現在これらの標本類は公開されていない。大変貴重で迫力のある化石標本であり、早急に市民や学校教育に利用しやすい形で公開展示が望まれる。

富田林市内で産出した地層や化石標本等は富田林市文化財課が管理し、主として富田林市立埋蔵文化財センターに保管されている（第2表）。埋蔵文化財センターは、富田林市立第二中学校の一部空いた棟を転用したものであり、考古学的な復元作業場や倉庫を兼ね、常勤の職員は1名のみである。考古学的な遺物と足跡化石等が1部屋（1教室分）に展示されているが、一般市民や学校教育で児童たちがいつでも利用できる状態とはいいがたい。他に地質関係の標本類の保管場所としては、公益財団法人富田林市文化振興事業団が運営する「すばるホール」と、富田林市立の小学校の空き教室など数ヶ所に散在し常設の展示施設がない。このような状況を踏まえ、今回の授業に必要な化石標本類を小学校に持ち込み展示し、地質インストラクターが解説した。

（2）展示物の解説

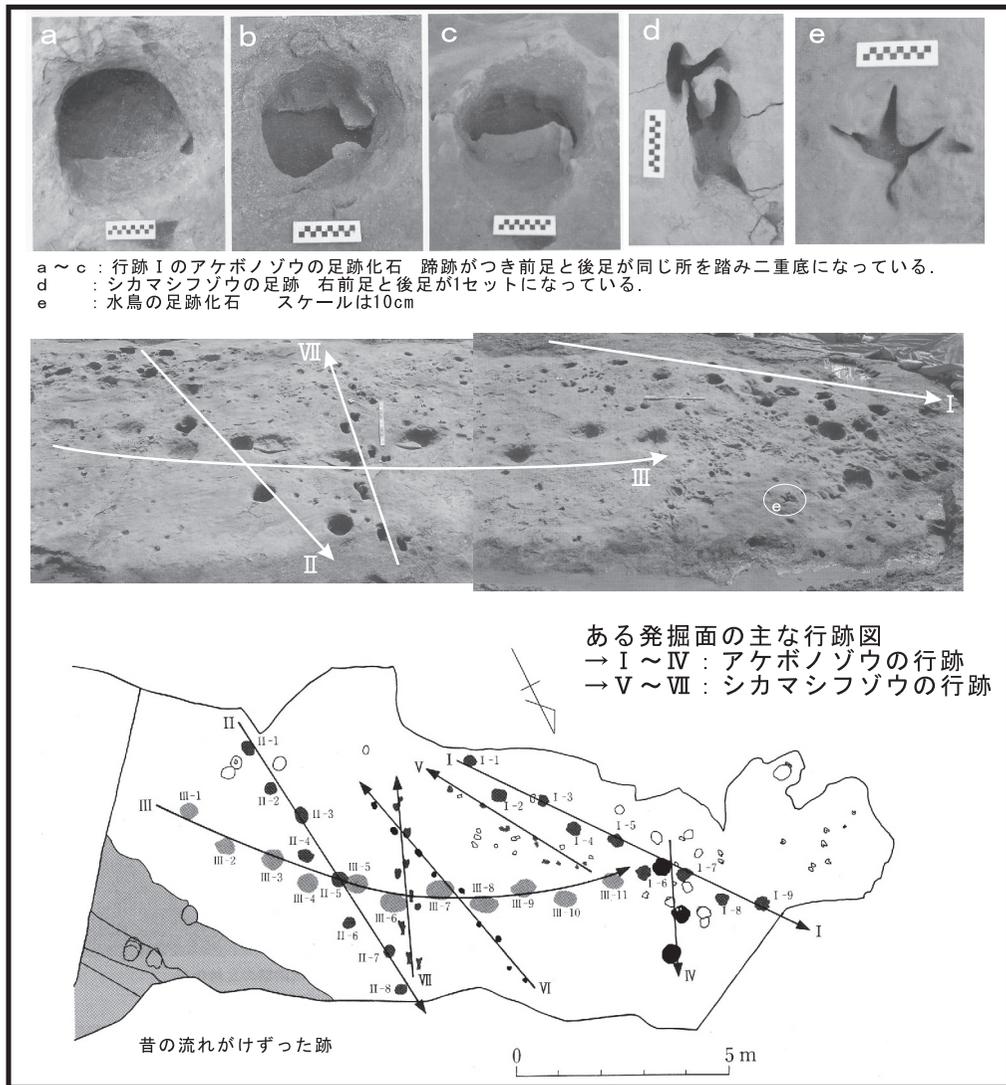
アケボノゾウの足跡化石（模型）の前では、梱包材と紙で作ったアフリカゾウなどの実物大の足模型や、アケボノゾウ実物大パネル（2012年喜志小学校の児童による製作）などを使ってゾウの大きさを説明をした（第3図）。また、アケボノゾウの一つながりの足跡（行跡）は、二足歩行の人の足跡とよく似ており、実際のゾウがゆっくり歩くときの様子を実演しながらどのような足跡が残るかを説明した（第4図、「ゾウの足跡化石調査法」編集委員会1994）。



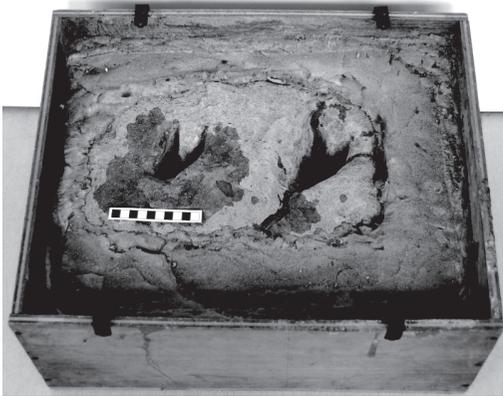
第3図 喜志小学校の児童が製作した
実物大アケボノゾウパネルと地質インストラクター

富田林から見つかったアケボノゾウのキバ化石の模型は長さ約1.5mの巨大なものである。しかし、種を特定することができた臼歯化石は3.4×4.2cmの小さな破片である。化石の模型は本物そっくりに着色されているが、プラスチックで成形されており実際の重量感や迫力が物足りない。アケボノゾウは小柄な体型であるが、体の大きさに比してキバや臼歯は大きく、それを支える頭骨も他のほ乳類にくらべ巨大である。これを実感させるために実物のナウマンゾウの化石に触れさせた。なおナウマンゾウはアケボノゾウより後に出現した絶滅種であることを説明してから、児童たちに臼歯やキバの化石を抱えさせた。ナウマンゾウのキバの一部（長さ約22cm）は1.8kg、ナウマンゾウの臼歯の一部（全体の約半分）は1.9kgある。このことから富田林産のアケボノゾウのキバや臼歯の重量を推測させた。

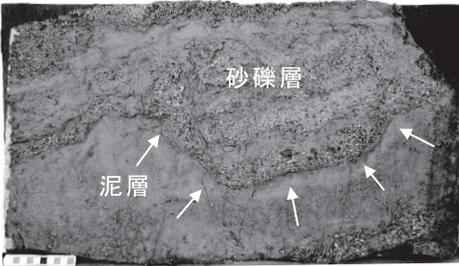
小型のシカ（カズサシカ）の足跡化石は地層ごと切り出した実物を展示した。30cm×40cm×20cmの泥層ごと切り出した標本の重さは27kgあり、発泡ウレタンやコンパネで補強されており人力でなんとか運搬可能な標本である。人の指ほどの小さな足跡化石であるが、地層ごと切り出すことの困難さや、青灰色の砂まじりの泥層を実感させたいと思い実物を展示した（第5図）。



第4図 石川の足跡化石と発掘面に見られる動物の足跡化石



第5図 泥層とカズサシカの足跡化石
(スケールは10cm)



第6図 地層の剥ぎ取り標本
矢印の範囲がアケボノゾウの足跡化石
(スケールは10cm)



第7図 巨木の立ち木化石 (2014年発見)
(スケールは1m)

地内でもよく見られることを説明した(塚腰ほか2014)。メタセコイアはその生育地は氾濫原の後背湿地であつと考えられており(三木1953)、同時に重要な生態的特徴として実生^{みしよう}が日当たりのよい場所に生育し、短期間に大木になることが知られている(百原ほか1993)。1000年以上の寿命をもつスギやセコイアより寿命がきわめて短いパイオニア植物で、洪水による植生

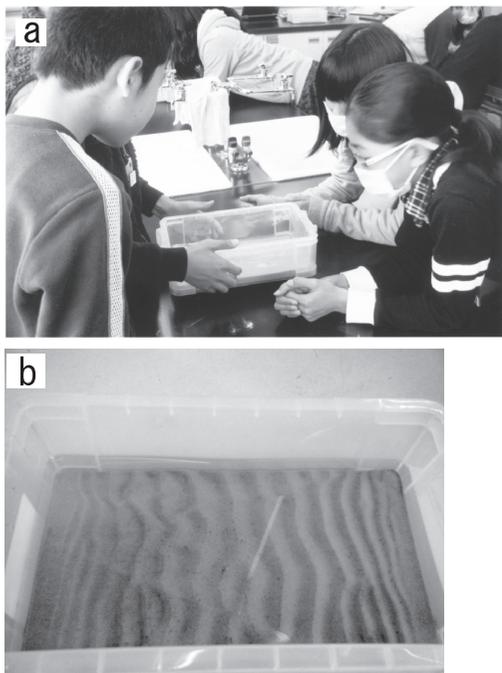
地層の剥ぎ取り標本では、泥層についてゾウの足跡化石をつくる凹地とその凹地を埋める砂礫層を、発掘時の写真パネルと一緒に説明した。足跡化石の断面である泥層表面の凹みの中を砂礫層が埋積しており、発掘では砂礫層を小さなスコップやスプーンなどで慎重に削り出してはじめて足跡の形が出てくることを説明した(第6図)。

立ち木化石や化石林の写真パネルも展示した。数年にわたる高校生の種子化石の研究や立ち木化石の発見によって昔の地表が残されていることがわかり、足跡化石の存在が予測されて発見にいたつたことを説明した。石川河床からは2014年再び立ち木の化石と足跡化石が市民により発見された(第7図)。幹の直径が1mを超える立ち木の化石はメタセコイアの可能性が高いと考えられること、大阪層群からは多数のメタセコイアの球果や花粉化石が見つかることなどを説明した。「メタセコイアの葉の化石」も展示し、メタセコイアに関する有名な三木茂先生の話をした。

メタセコイアとは、セコイアに似るが化石から常緑のセコイアと異なり落葉の特徴をもつこと、また球果にも違いがあることなどから化石に対して三木茂先生が命名した(Miki 1941)ことを説明した。絶滅種と考えられていたが1945年中国で現存していることが確認され「生きている化石」とよばれるようになったことや、1949年に国と皇室がそれぞれメタセコイアの挿し木と種子を譲り受け、全国各地の公園、並木道、校庭などに植えられ、富田林市の公園や団

の破壊によって更新をくり返していた可能性がある」とされている（百原1994）。このようなパイオニア植物としてのメタセコイアの性質を簡単に紹介し、石川で見つかる巨木の立ち木化石がこのような洪水であれたところに最初に出てくる植物であることを児童に説明した。

（3）漣痕（リップル）をつくる実験



第8図

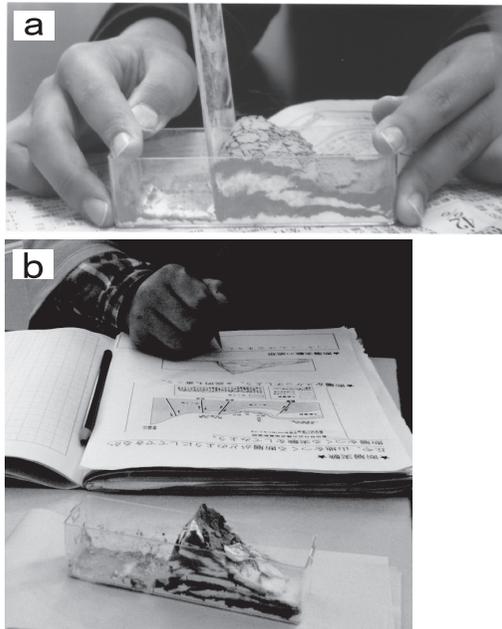
a：漣痕をつくるために水槽をゆする児童

b：水槽全面に形成された波長2～2.5cmのリップル

水がほとんど濁らなくなるまでに水洗した細粒砂を水槽に厚さ約2cm入れ、砂の表面から1cmほどの深さに水を加える。水槽の下に塩ビパイプのコロを等間隔に置き、水槽を左右にゆっくり往復運動させて漣痕をつくる。できた漣痕の断面をスケッチする。（J. R. L. Allen 1985, 坂本ほか1997, 中條ほか2013）。児童たちにはリップルという呼び方で、どのようにしたらきれいなリップルができるか、自分たちでいろいろ体験しながらつくるように指示した（第8図, a, b）。

（4）断層・褶曲モデル実験

リバーサルフィルムのスライドケースのふた（透明）をあお向けにして、小麦粉（白色）をふたの中に3mmほどの厚さになるようにスプーンで入れる。小麦粉を水平に入れた後、へらを使って小麦粉が均等な厚さになるようにする。ほぼ均等になったらスライドケースの身（緑色）をふたの中に入れ、上から押さえて固める。同様の方法で小麦粉の上にココアの粉を1～2mmの厚さで入れて固める。続いて同じ方法で小麦粉・ココア・小麦粉の順に加えていき3～5層をつくる。へらをスライドケースの内側の端にまっすぐ立てて、へらの先が底につくまで差し込む。へらの先を底につけたままでへらをゆっくりと他方に押しながら移動させる。少し押すと地層が褶曲してすぐに断層が生じるので、断層ができたところで押すのをやめる（岡本2000, 坂本ほか2004, 川端2013, 中條ほか2013）。なお、児童たちには実験で使用した小麦粉とココアの粉を、授業の後でクッキーなどを作るためにきれいに保存するよう指示して実験を始めた（第9図a, b）。



第9図

- a: 形成された断層と褶曲
- b: 断層をスケッチする児童

(5) 地層探検：大阪層群の地層見学（喜志小学校のみ実施）

喜志小学校から10数分歩いたところに農業用水のため池（星ヶ池）があり、池の東側の崖に大阪層群の地層が露出している（坂本ほか2001）。この地層の走向はN20° Wで北東に65°傾斜しており、露頭に沿って南側から北側に移動すると下位から上位の地層を順に観察することができる。最下底の臨海扇状地堆積物は現在植生がおおい観察が困難なので、児童は次の内湾泥底堆積物の海成粘土層から観察した。始めに海成粘土層が7mの厚さで観察される。この粘土層中には小さな生痕化石が入っており、海底に生息していたカニなどの小動物が残したものであることを説明した。海成粘土層中には厚さ10cmほどの狭山火山灰層が挟まれる（坂本ほか2001）。この火山灰層は粒度が上下の海成粘土層より粗く、最初浅海底に堆積した火山灰層が地震等の衝撃によって再移動し、タービダイトとして再堆積したものであることや繰り返した地震や断層がこのような横倒しの地層をつくったり乱泥流を引きおこすことを説明した。下位の海成粘土層は細かく、上位では薄い細粒の砂層を挟むようになり、砂層には振動流漣痕が多数観察できる。砂層の中には波長の長い嵐の時にできるハンモック状斜交葉理も見られる。筒状の生痕化石も含まれ、北側に行くにつれて泥層から砂層へ変わり砂の粒度も粗くなり、ついには粗粒砂にまで粗くなったところで露頭が切れる。この露頭から上位側に少し離れた崖では「泥まじりの砂層や砂礫層（泥流や土石流堆積物）」が観察でき、これらの地層が河川流路や氾濫原で形成されたことがわかる。このように一つながりの崖の地層から、この場所が海底や海

岸の堆積環境から、海水面が下がり陸化していったことを観察し学ぶことができる。

5. 「土地のつくりと変化」の教育実践の結果と児童の反応

5. 1 各学校の立地条件と授業の実施状況

2013年度も6年生を担当し同じ単元の授業を行ったある授業者は、教科書に提示された事例以外の資料を使わずに苦勞した。しかし、2014年度は単元指導計画「富田林の大地のつくりと変化」を利用することで授業準備もスムーズに進み、郷土で見つかった化石の話ができたので、児童たちの集中力ややる気を維持することが容易であった、という感想を述べた。また、授業者自身も知らなかった郷土の地質情報があり、教員自身が授業を進めるのが大変楽しかったし、その感動が児童たちへも伝わっていたのではないか、という感想も出ていた。

金剛山は以前は地元の小中学校の多くが冬の耐寒登山などでよく利用したが、最近では実施する学校が少なくなった。児童の一部は両親などにつれられて積雪の金剛山でそり遊びをした経験を持つ児童もいるが人数は非常に少ない。古い小学校や一部の小学校の校歌に金剛山や二上山、嶽山などの山の名前を取り入れたところがあるが、現在の児童たちにとってこれらの山々が「郷土の山」であるという意識を自覚する者は少ないようである。しかし、これらの山々から流れた土砂が川の礫や土砂をもたらし、扇状地や氾濫原をつくり、その上にメタセコイアなどの林が形成されて、多くの動物たちの生活の場を形成していたことを、多くの児童たちは理解することができたと考えられる。これらは後述する児童たちが作成した感想文や復元図から読みとれる。

5. 2 足跡化石発掘調査と気候変動の講演の反応

気候変動の話は小学生にはむずかしかったようで、児童たちが講演を聞きながらメモしたノートには、アケボノゾウの歩き方やメタセコイアに関わるメモがほとんどで、気候変動に関わる記述は他と比して少ない。しかし、復元図の中では富田林まで海が進入していた時代があることや寒冷化した気候のことが、絵の枠外に書いた補足文でわかる。講演で話した花粉化石等の植物化石から気候変動を推定したり、海水面の変動を理解することはむずかしかったかも知れないが、寒冷化や温暖化の変化が富田林の地層から読み取れるというより高度の概念を理解した児童が少なからずいた。

メタセコイアについての説明は児童だけでなく授業者である教員にとっても新鮮な話であった。寺池台小学校の理科室からは校内に植えられたメタセコイアが見える。すでに落葉したメタセコイアの木を見ながら講演や標本の説明をふり取りながら、児童同士で話ながら復元図を描いた。復元図にメタセコイアの葉の形をひときわ強調した割合が多かったのは、そのような教員の声かけが影響していると考えられる。喜志小学校では全体としてのメタセコイアの表現は少ないが、球果の絵を描いたり文章で記述した者が目立った。他の学校には球果について描いた絵はないので、教員の説明や強調の仕方が影響していると考えられる。

5. 3 化石と足跡化石等標本類についての展示解説と反応

アケボノゾウの実物大パネルや現世のゾウとアケボノゾウの実物大の足模型を比べて見せた。また、足跡化石の行跡の歩幅からアケボノゾウの体の大きさを推定できることも説明した。これらの解説から、アケボノゾウの体の大きさが現在のアジアゾウやアフリカゾウと比べて小さいことは、児童たちにも容易に理解された。また、現世のゾウも絶滅したゾウの足も前足が丸く大きく、後ろ足は細長く少し小さいことも興味を示した児童がたくさんいた。一方で実物のキバや臼歯の化石の重さから、大きなキバのアケボノゾウのキバや臼歯の重さを児童たちは実感することができた。ある児童は「はじめ化石は軽いと思い込んでいて、いざ本物を持っていると、まるで金属を持っているような重さで、正直言葉が出ませんでした。」、「実物の化石をさわってみると、意外に重くて少しびっくりしました。」、「ゾウの臼歯の化石を触ってみると重くて片手では持ち上げられませんでした。」など化石の重さに感動した文章が感想文にはたくさん出てくる。

また、講演者が実演した動物たちの歩き方と足跡の並び方にも多くの児童が興味をもった。どのような動物が足跡を残したのか説明する前に描いた図には、単にどんな動物だったのかに関心があった児童も、最後に描いた復元図には動物たちが歩いた後には足跡が残ることを意識して描いている者が多い。動物たちの歩いた後には軟らかい泥層に深く凹んだ足跡が行跡として描かれている。

実物のナウマンゾウのキバや臼歯の重さや質感から、ゾウとしては比較的小柄な体つきながら、アケボノゾウの実像を想像させることができた。ナウマンゾウの化石は昔から瀬戸内海や大阪湾の漁師が網で引き上げることが多く、個人で所有されているものも多い。このような化石は正確な層準・時代を知ることができないために学術的な利用には限界があるが、化石をいためない限りこのような利用もあってよいのではないかと考える。

アケボノゾウの足跡化石の単体だけでは動的なイメージが不十分と考え、アケボノゾウの歩いた跡を作るために作成したプラスチックの実物大足跡レリーフを床に並べ、アケボノゾウがどのようにして軟らかい泥層の上を歩いたかを実演で示した。この説明は写真やスライドで見た発掘現場のアケボノゾウの一連なりの足跡（行跡）が、漠然と人の歩いた跡と似ていると感じていた児童たちを納得させることができた。児童たちの「飼っている犬や猫の歩き方を観察してみたい」、「はじめに見たゾウの足跡が二足歩行する人の足跡とよく似ていると思ったが理由がわかった」という感想でよくわかる。

メタセコイアの葉の実物化石や球果、生きている化石の話は児童たちに強い印象を残して復元図にもよく表現されている。児童たちにとって、針葉樹や広葉樹の区別や常緑樹や落葉樹の詳しい学習は中学校以降になるが、復元図には黄葉し落葉するメタセコイアの葉が描かれたり、川に流されて化石化するところまでを想像して描いたものが多数ある。復元図を作成するにあたっては、講演や標本観察時のノートの振り返りなどを、授業者が声かけすることで復元図の内容がより深まっていると考えられる。

5. 4 漣痕（リップル）をつくる実験についての反応

リップルをつくる実験はどの学校でも児童たちは楽しんで取り組んだ。授業者は、最初コロを使ってゆっくり振動させるように指示したが、始めはなかなか思うような漣痕ができない。児童たちは、各自上手くできる方法を試行錯誤しながらきれいな漣痕ができる方法を工夫し始めた。コロを使わずに両手で抱えてゆすり、きれいな漣痕ができる波の振動をさがしたり、水の量もいろいろ変えてみる児童が出てきた。きれいな漣痕ができる児童が出始めると、それを参考にしながら次々に自分たちで漣痕づくりに工夫をこらし、1時間の実験時間があっという間に過ぎてしまった。実態としてはほとんどコロを使わずに水槽をゆすって、漣痕ができる振動や波の大きさを見つけ出していたようである。今後実験をした児童たちは川や海岸などで間違いなく漣痕を確認できるようになったと考えられる。補足すると、川や海岸などでみられる漣痕は波だけでなく、流れによってできる漣痕もある。また、砂丘や砂漠では空気（風）による風紋も漣痕と同じものであり、このような地層に残る漣痕は、昔の地形や堆積場の環境を推定していく大切な情報であることを児童たちには説明しておく必要がある。

5. 5 断層・褶曲モデル実験についての反応

講演で地震や断層によって金剛山などの山地ができていったことを学んだ直後に行う実験であるため、児童たちは非常に興味深く取り組むことができた。実験でできた断層や褶曲はきれいなもの、少し崩れたものなどいろいろあるが、児童たちは楽しく実験を行っていた。モデル実験ではあるが、児童たちはなぜ断層ができるのか、なぜ山ができるのかという問いに、直感的なつながりを見つけることができたと考えられる。実験後に使用した粉を使って、クッキーやホットケーキを作って児童たちは楽しんだ。小学校ならではの実験材料の処理方法で、本来の食材が無駄にならずよかった。また、このような合教科的（家庭科）な実習も児童たちの意欲を高めるのに役だった。

5. 6 地層探検（大阪層群の地層見学）についての反応

児童は、素手できれいな海成粘土層の泥やザラザラした火山灰層の砂の感触を確かめ、砂層に入っても手の感触で砂の粒径が次第に粗くなっていくようすを確認することができた。断層・褶曲モデル実験をしたばかりなので、実際に横倒しになった地層を見ることで地震や断層の影響の大きさを実感できたのではないかと。火山灰層が乱泥流として海底斜面を流れ下る説明からも、水平な地層がかたむく地殻変動や海底をゆさぶる地震を想像することができたようだ。また、実際の砂層の前で地質インストラクターが、刷毛で砂層を掃きながらきれいな振動流リップルを浮き上がらせると、児童たちは実験でつくったりップルが実際の地層にこのような形で残っているのを見て感動していた。

5. 7 児童の感想文から（数値は高辺台小学校と寺池台小学校で得られた資料を使用した）

動物や動物化石に関して78%、植物化石に関しては21%が記述している（第3表）。気候や気候変動に関連したものと富田林付近にかつて海が進入していたことなどを記述したものが

24%ある。1枚の復元図に気候変動や気候による地形環境の変化を描くことはむずかしい表現であるが、感想文ではこのようにかなりの割合の児童が興味関心をもったことがわかる。

動物や足跡化石について様々な面から記述している。ゾウやシカの体の大きさやゾウの前足と後ろ足の大きさや形のちがいを記述した児童は30%、四足動物の歩行の様式や足跡化石の行跡の形を記述した児童は22%、キバや臼歯の大きさや重さに驚いた記述は34%ある。児童それぞれの興味関心のちがいが出ていると考えられる。絵では動物の姿と行跡状の足跡を表現するだけで終わっているが、文章にすると児童のそれぞれの言葉で様々な感動が記されている。動物に関する児童の感想をいくつか紹介する。

「特に心に残ったのは、ゾウは4足歩行なのに足跡は人間の足あとににっていたので一目（見たときには）ゾウではないのではないかと思ったけれど、前足と後足が同じ所をふんで歩いているのを聞くとすごくふしぎに思いました。」

「鳥の化石が少ししかないのがすごくびっくりしました。昔は鳥が多いように思えるからすごくびっくりしました。」このような授業では全てが児童の中で解決するのではなく、新たな疑問やふしぎが残ると

いうことも大切なことではないかと考えられる。児童たちが中学校や高校の理科を学んでいくとき、これらの疑問が引き継がれていくことが期待できる。

郷土に化石が出ることについて驚きや感動を記述した児童が23%いる。「富田林・石川・金剛山・自分の近く」などのことばを、郷土への強い関心や愛着を示す指標としてとらえて集計すると、41%の児童が今回の授業から郷土への関心をもったことがわかる。

今回の授業に対して「理科が好きになった」、「興味がわいた」、「調べてみたい」、「楽しかった」などのことばを使って今回の授業に肯定的な感想を書いている児童は33%ある。授業に対する児童の「肯定・否定」を読み取るための項目をつくって調査したアンケート調査ではない

第3表 感想文や観察記録ノート等に記録された感想メモ

	記載された言葉文章	総数	割合
		125	%
動物・動物の化石	アケボノゾウ、シカマシフゾウ、カズサシカなど	98	78
	ゾウの体の大きさ、足の大きさ、前足後足の形や大きさのちがいなど	38	30
	歩行様式のちがい、足跡化石の行跡、蹄など	27	22
	キバ、臼歯の大きさや重さ	43	34
植物・植物化石	メタセコイア、メタセコイアの樹形・葉・球果	26	21
気候・地形・環境	温かい気候・寒冷な気候・気候変動・海・花粉化石から気候を推定など	30	24
郷土への関心を示す言葉	石川、金剛山など	51	41
郷土に化石が出る	富田林で化石が出ることに感動したなど	29	23
授業への肯定的な評価	理科が好きになった、発掘をしたい、楽しかったなど	41	33

ので数値的な評価はできないが、多くの児童たちが肯定的な感想をもっていることは明らかである。

5. 8 児童の復元図から

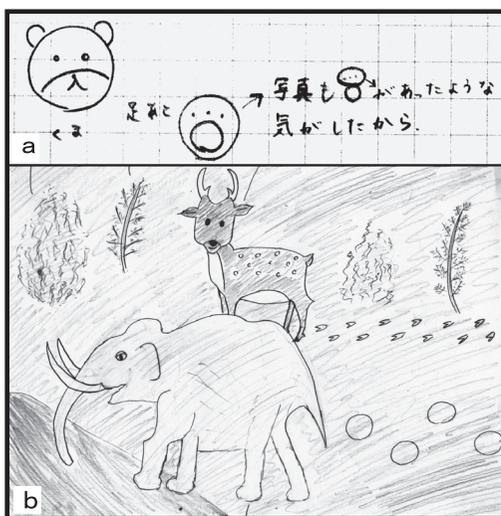
3つの小学校（喜志，向陽台，寺池台）が、単元の最初の授業に石川で発見された足跡の写真を見せてどのような動物か想像させて絵を描かせ、最後の授業で100万年前の富田林の復元図を描かせている（第4表）。最初の図には足跡を残した動物として恐竜らしい動物を描いているものが多く、その動物の歩いた跡に足跡を描いたものはいない。講演や化石標本類の説明をきいた後に100万年前の富田林の復元図という題で当時の風景を描いている。復元図にはアケボノゾウが96%、シカマシフゾウやカズサシカが87%描かれている。また、アケボノゾウの55%、シカ類の35%に足跡が動物の歩いた後に描かれている。単に足跡を残した動物の姿だけでなく、動物たちの行動の痕跡が当時の地表であるやわらかい泥層に深く残されていることを表現している。ある児童は最初の足跡写真に残る蹄の跡から熊のような動物を想像し、その爪痕のイメージで熊の絵を描いている。しかし、授業後には足跡の関心が歩行の様式に移り授業後の復元図のアケボノゾウとシカの後ろには行跡として残る足跡を描いている（第10図）。

植物化石についてメタセコイアを描いている児童は全体では86%ある。また、43%の児童がメタセコイアの葉や球果を意識的に強調して表現している。中でも寺池台小学校で98%がメタセコイアを描き、70%の児童がメタセコイアの葉を表現しようとしている。寺池台小学校は理科室の窓から校内に植えられたメタセコイアが見えるので、児童たち同士でメタセコイアの化石を振り返りながら復元図を描いたことがこのような数値にでていいると考えられる。喜志小学校ではメタセコイアを描いた児童は73%と少ない。喜志小学校では校内にメタセコイアがないこと、また、周辺部にもメタセコイアが植えられた場所が見あたらなないことなど、実際に生きている状態のメタセコイアを見ていないことが影響しているかもしれない。

喜志小学校の東方には1500万年前に活動した二上山がそびえている。凝灰岩でできた^{どんずるぼう}屯鶴峯の景観や2つのがった峯の形が有名で、サヌキトイドなどの溶岩が石器の材料として使われていることでも知られた山である。火山としての地形は残っていないが地元では一般に昔の火

第4表 復元図に表現された項目

		総数	割合
		235	%
表現された絵の項目			
アケボノゾウ	本体	225	96
	足跡	129	55
シカ類	本体	204	87
	足跡	82	35
トリ、ワニ	本体	32	14
	足跡	8	3
メタセコイア	樹形・針葉樹	203	86
	葉・球果	101	43
その他植物	草・不明樹など	100	43
川	明記なし	140	60
	石川	65	28
海		1	0
山	明記なし	36	15
	金剛山	84	36
	火山	37	16
その他の風景	太陽	40	17
	雲	20	9



第 10 図

a: 最初の授業で描いた動物と足跡

足跡化石の写真からクマとクマが残した足跡を描いた

b: 最後の授業で描いた復元図

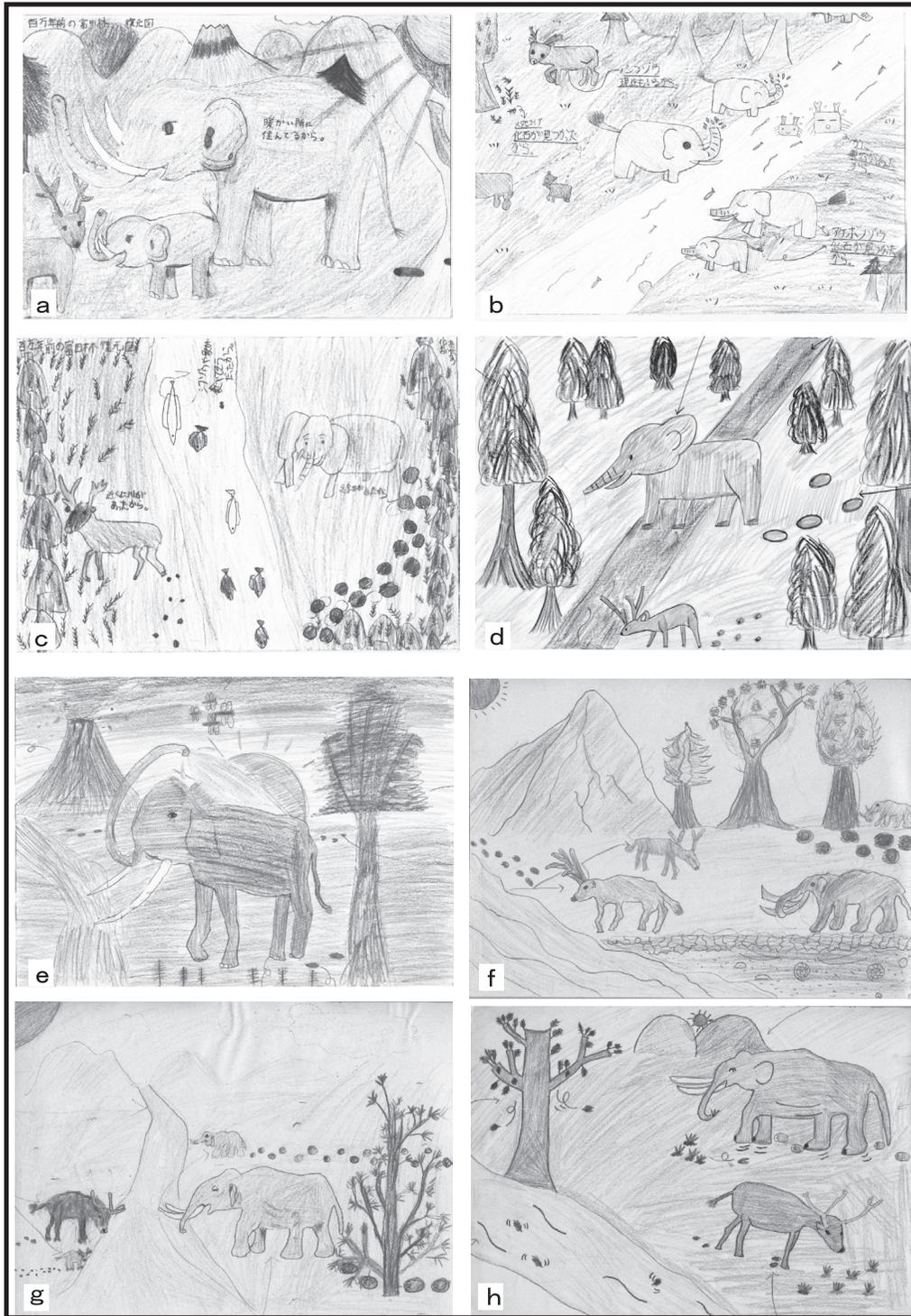
足跡を残したアケボノゾウとシカマシフゾウ(大型のシカ)や動物の後には行跡を描いている

が書き込まれている。その中には太陽の絵と共に「太陽が照りつけて動物も暖かい」、「ゾウは暖かい所にいる」という解説が書かれており、当時富田林は暖かく海が入り込んでいたこともあったという説明もある。太陽の絵とこのような解説文を表現した児童は、太陽は暖かい気候を表現する一つの方法として描いていることがわかる。種子や花粉から推定される当時の植生から昔の気候を推定する話は直感的には児童にはむずかしいかも知れない。しかし、太陽を描くことで児童の一部には、気候の変動や地域による気候の違いを受け止め表現しようとしていることがわかった。

地質インストラクターが講演で話した動物化石以外にも、復元図にはワニ、三葉虫、アンモナイト、魚、昆虫、トンボ、貝など様々な動物が描かれている。時代的にアケボノゾウのいた時代には絶滅しているアンモナイトなどの動物も描かれている。一般に専門家が描く復元図には化石などで明確な証拠がある動物だけを描くが、児童たちには化石が見つかっていなくても当時いたかもしれない動物や当時の自然を想像して描くように話をしていた。三葉虫やアンモナイトなど時代を異にする動物も教員が見せた化石の絵を思い出したり、児童間で話し合った昔の動物の姿を表現している。特に大阪層群からは岸和田市、高槻市、豊中市からワニの化石が出ていることを教員から聞いており、多くの児童が復元図にワニを描き込んでいる。こうして児童たちが思い描く百万年前の富田林の自然は豊かになっている。今後中学校・高校と学習が進む中で、児童たちは自分で100万年前から削除すべき動物や新たに付け加える生物を学んでいくことが期待される(第11図)。

山と考えられている。喜志小学校の地層探検では、狭山火山灰層が約80万年前に飛んできた火山灰で噴出源は不明であることを説明した。しかし、時代が大きく異なる二上山の形成過程については説明をしなかった。喜志小学校の児童たちの復元図の40%に火山の噴火が描かれている。大阪層群中の狭山火山灰層と二上山の噴火とを結びつけている児童がいるかも知れない。

2012年に喜志小学校で、初めて児童が描く復元図を見た時から気になる点があった。復元図に一定割合で太陽を描く児童が必ずいることである。一般に児童の絵には太陽が描かれることが多いのであまり深く追究しなかった。今回の3校の復元図では、学校によるが7～31%の児童が太陽を描いている。今回は各学校とも絵の枠外に文章で様々な補足の文章



第 11 図 児童たちの描いた復元図

- a: 太陽を描いて暖かい気候を表現している
- b: 巣穴の化石から想像してカニを描いている
- c: 100万年前を想像してメタセコイアや動物の足跡、魚などが描かれている
- d: メタセコイアの樹形を強調して描いている
- e: 二上山? が噴火し、 トンボやメタセコイアの落葉した葉を描いている
- f: アンモナイトのある地層の上をシカマシフゾウ（大型のシカ）やアケボノゾウが歩いている様子を描いている
- g, h: シカマシフゾウやアケボノゾウ、樹木の細部まで丁寧に描いている

6. まとめ

授業中に児童たちが記録した感想文や復元図、観察ノート等を見ると、児童が一番印象に残る化石は動物であり、新生代を代表する古代のゾウ類は中生代の恐竜に劣らない人気がある。また、空洞でしかない足跡化石であってもその残った蹄の跡や大きさ、足跡のつながり方（行跡）から動物が生きていた当時の動きや生活のようすを思い描かせることができる。感想文には植物化石の記述の割合が少ないが、復元図ではゾウと共に児童のほとんどが植物を描いている。しかも多くの児童がメタセコイアという針葉樹の樹形や葉の形、球果などを表現しようとしていることがわかる。また、背景の山地や川など当時の地形的な風景と一緒に表現されている。感想文や復元図の作成については、各授業時間で各々が記録してきたメモやスケッチ、板書の記録などが有効であるが、授業者のこれまでの授業で見たり聞いたことを振り返らせる「声かけ」が重要な働きをしていることがわかる。このように授業後のまとめとして感想文や復元図を課せることは、習得した事項の定着に有効であるといえる。また、そのような作業を教員の声かけや児童間の話し合いなども合わせて行うことで、授業で学んだ様々な内容の定着や意義づけができることが期待できる。

「これらの化石が自分のすぐ近くで見つかるのは自慢できる」、「私が一番おどろいた事は富田林にゾウがいたという事です。大昔の事を深く知るのはとても楽しいなと思いました。」といった記述から、自分たちが生活をしている富田林から見つかる化石や地層を通して学ぶことができた喜びや楽しさが伝わってくる。

「今日のはなしでほくは『いつか自分で化石を発見したいな』と小声で言いました。」

「ここ富田林が昔海だったと知っておどろきました。なぜなら富田林はかなり海から離れているからです。土地は変化を続けているという事を強く感じました。」

以上の様な児童の記述から、郷土のもつ地質情報がいかに児童たちの興味関心を引き起こし理解を深めたかがわかる。このような郷土の地質情報を活用し、郷土の自然を学び意識することで、郷土愛を育む地学教育につながるものと思われる。

謝辞

小学校で行った講演や持ち込み展示で、各学校の校長先生はじめ担任の先生方など多くの方

の協力を得て行うことができた。また、富田林市文化財課の中辻亘氏と水久保祥子氏、富田林市立埋蔵文化財センターの栗田薫氏には、持ち込み展示用標本類の運搬搬入で大変お世話になった。喜志小学校の地層探検では貴志土地改良区の仲谷義一理事長には現地草刈りをはじめ多大のご協力をいただいた。以上の方々にお礼申し上げます。

引用文献

- Allen, J. R. L., (1985) *Physical Sedimentology*. George Allen and Unwin. 267 p.
- 市原実 (1993) 大阪層群. 創元社, 340 p.
- 川端清司 (2013) 市民公開ワークショップ [ジオラボ] で, 断層・褶曲モデル実験を体験. 日本地質学会第120年学術大会 講演要旨集, 306.
- 北田憲嗣・富田林市石川化石発掘調査団 (1992) 大阪府石川河床の足跡化石, その1, 古環境. 日本地質学会第99年学術大会講演要旨, 216.
- 小西省吾・富田林市石川化石発掘調査団 (1992) 大阪府石川河床の足跡化石, その2, 産状. 日本地質学会第99年学術大会講演要旨, 217.
- Miki Shigeru (1941) On the change of flora in Eastern Asia since Tertiary Period (1) . The clay or lignite beds flora in Japan with special reference to the *Pinus trifolia* beds in Central Hondo Jap. Journ.. Bot. 11, 237-303.
- Miki Shigeru (1941) Floral remains of the Conifer age at Manzidani near Nishinomiya, Japan. Jap. Journ. Bot. 11, 377-383.
- 三木茂 (1953) メタセコイア-生ける化石植物-. 141p. 日本地学研究会
- 百原新 (1994) メタセコイア属の古生態と古生物地理. 化石第57巻, 24-30.
- 百原新・印開蒲・山川千代美・古明選 (1993) 中国湖北省利川市のメタセコイアの自生. 植生史研究 第1巻, 第2号, 73-80.
- 森山義博・嶋原とき子・福井真珠 (1990) 富田林の自然史に挑戦-理化部の成長と地研活動-. 地学団体研究会第44回総会シンポジウム要旨集, 3-6.
- 森山義博 (1991) 富田林の自然史に挑戦-理化部の成長と地研活動-. 地学教育と科学運動, 20, 66-70.
- 森山義博・富田林市石川化石発掘調査団 (1991) 大阪層群 (大阪府石川河床) から発見された長鼻類と偶蹄類の足跡化石. 日本地質学会第98年学術大会講演要旨, 210.
- 森山義博・坂本隆彦 (2003) 大阪府南部における大阪層群ピンク火山灰層準の堆積相と構造運動. 地球科学, 57, 257-272.
- 森山義博・中條佐和子・遠藤努・田上智佐子・坂本隆彦 (2013) 小学6年生が見て触って実験して描いた100万年前の復元図. 日本地学教育学会第67回全国大会, 大阪大会講演予稿集, 146-147.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説理科編 105 p.
- 中條佐和子・遠藤努・田上智佐子・坂本隆彦・森山義博 (2013) 大阪府喜志の100万年前の復元図を描く - 地層探検と室内実験を組み合わせた小学校の地学授業 - 地学教育と科学運動 70, 50-56.
- 岡本義雄 (2000) 小麦粉を用いた断層モデル実験. 大阪と科学教育14, 13-16.
- 坂本隆彦・藤村輝美・吉田久昭・山崎小夜子・山田志津子・小早川栄子 (2004) ちょっとした地学実験「断層と液状化」. 地学教育と科学運動, 46, 24-30.
- 坂本隆彦・富田林市石川化石発掘調査団 (1991) 大阪府石川河床の足跡化石の意義-層序と環境-. 日本地質学会第98年学術大会講演要旨
- 坂本隆彦・目康夫・藤村輝美 (1997) 実験”漣痕を作ろう”. 地学教育, 50, 1-7. 209.

- 坂本隆彦・森山義博・片岡香子（2001）タービダイトとして再堆積した大阪層群中の火山灰層. 地球科学, 55, 173-181.
- 富賀肇・石上知良（1984）大阪府富田林の大阪層群より発見された長鼻類化石について. 地球科学, 38, 84-88.
- 富賀肇・石上知良（1987）大阪府富田林市よりシフゾウ（*Elapharus*）化石の発見. 地球科学, 41, 320-322.
- 富田林市石川化石発掘調査団（1991）高校生を中心とした足跡化石（長鼻類・偶蹄類）発掘. 地学団体研究会第45回総会シンポジウム要旨集, 95.
- 富田林市石川化石発掘調査団（1994）富田林の足跡化石, 富田林市石川化石発掘調査団, 248 p.
- 塚腰実・岡野浩（2014）メタセコイア：発見・普及の歴史と三木茂博士の着眼点. 地学団体研究会第68回総会講演要旨集, 94
- 吉川周作（1973）大阪南東部の大阪層群. 地質学雑誌, 79, 33-45.
- 「ゾウの足跡化石調査法」編集委員会（1994）ゾウの足跡化石調査法. 地学団体研究会 128 p.

付記

本論文は11名の執筆者が共同で研究した結果であり担当部分の抽出はできない。

執筆者の堀内晴夏は授業実践時は富田林市立向陽台小学校に所属。

執筆者の米澤佐和は授業実践時は富田林市立寺池台小学校に所属。

