

堆積環境の復元

－熊本県人吉盆地西域に分布する人吉層を例として－

林 智 洋¹・田 中 均²・田 口 清 行³・村本雄一郎⁴・
高 橋 努⁵・本 多 栄 喜¹・合 林 利 晃⁶

Reconstruction of the Sedimentary Environment

－ On the Hitoyoshi Formation distributed in western part of the Hitoyoshi Basin,
Kumamoto Prefecture －

Tomohiro HAYASHI, Hitoshi TANAKA, Kiyoyuki TAGUCHI, Yuichiro MURAMOTO,
Tsutomu TAKAHASHI, Eiki HONDA and Toshiaki GOBAYASHI

(Received October 1, 2007)

The result of sedimentary study of the western part of the Hitoyoshi Basin in southern Kyushu, are given in the present article mainly from the viewpoint of the sedimentary environment. K-Ar age evidence suggests that the Hitoyoshi Formation is Late Pliocene in age. The formation is lithologically divided into two members. The lower member shows very rapid changes in vertical facies, namely, conglomerate, tuff breccia, sandstones and tuffs in ascending order. This shows a lacustrine environment. From the lithological characters and sedimentary structure, the member is considered to be sediments of fan-delta plain or braided-river. The upper member is composed mainly of slightly stratified siltstones, yielding plant fossils and with intercalations of sandstone, tuff and diatomite. This represents the later depositional stage of the formation and filling up of the lake basin with sediments.

Furthermore, brief notes on teaching materials development about stratum of Earth Science Education are added.

Key words : Hitoyoshi Formation, Kuma Village, Teaching materials development, Science education

1. はじめに

中学校学習指導要領解説理科編では中学校理科の改善の具体的事項として「身近な自然の事物現象について生徒が自ら問題を見だし解決する観察、実験などを一層重視し、自然を探究する能力や態度を育成するとともに、日常生活と関連付けた理解を図り、科学的な見方や考え方、自然に対する総合的なものの見方を育てることを重視して、次のような改善を図る」とされている。改善点の(イ)では「生徒の興味・関心に基づき問題解決能力を育成するため、野外観察を一層重視するとともに生徒自ら観察や実験の方法を工夫し

たりして課題解決のために探究する活動を行うこととする」などが挙げられ、身近な地域環境を活かした野外学習活動が求められている。

今回、熊本県人吉盆地の西部に位置する球磨村総合運動公園において地層の教材開発を行った。その総合運動公園の大規模な法面には、地層の重なり方や地層の堆積構造および断層などが観察され、地元の小・中学校の子どもたちに対して地層観察の授業がたびたび行われている。子どもたちに地層の形成過程や堆積構造から古環境などを考えさせるには絶好の場所である。本研究の目的は、人吉層の堆積環境を明らかにするとともに教材化することである。また、堆積環境

¹ 熊本大学大学院教育学研究科：〒 860-8555 熊本市黒髪 2-40-1

² 熊本大学教育学部理科教育：〒 860-8555 熊本市黒髪 2-40-1

³ 熊本市教育センター：〒 869-0001 熊本市千歳城 2 番 35 号

⁴ 八千代エンジニアリング株式会社：〒 161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12

⁵ 多良木中学校：〒 868-0501 球磨郡多良木町多良木 1736

⁶ 熊本大学教育学部研究生：〒 860-8555 熊本市黒髪 2-40-1

を分かりやすく子どもたちに理解させるための堆積実験装置を開発した。この実験装置は中学校理科における発展的な学習、総合的な学習の時間および地域の特色を活かした地学分野の教材として活用されることを期待している。

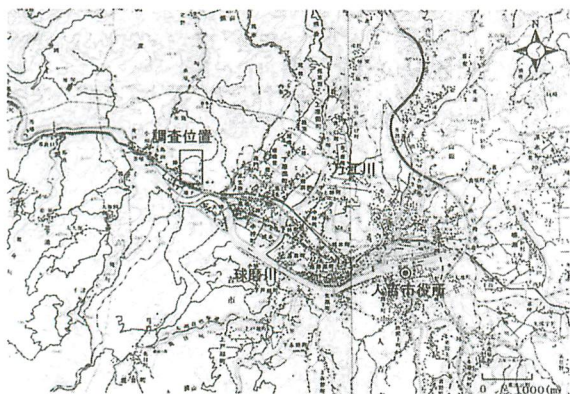


図1 位置図（基図は国土地理院発行、5万分の1地形図「佐敷」および「人吉」の一部を使用）

2. 地形、地質概略

人吉盆地は熊本県の南部に位置する。この山間盆地は第三紀中～後期の地殻運動で人吉盆地南縁を走る断層及びそれに附随する断層が生じ、盆地状の凹地が出来た（大谷，1930；田村ほか，1962）と考えられている。人吉盆地は、面積約92km²と大きなものであり、断層に沿って数面の扇状地が発達している。人吉盆地の基盤は大部分が四万十層群であるが、その南西部は肥薩火山区の火山岩類（山本，1960；長谷，1987）に覆われている。人吉層は大谷（1930）によって命名され、その層序は、田村ほか（1962）や塚脇ほか（1986）によって報告されている。本層は、岩相上、四万十帯起源や肥薩火山区火山岩類起源の礫岩、砂岩優勢の下部と凝灰質泥岩優勢の上部に区分されている（田村ほか，1962）。人吉層の地質年代は、本層最下部と最上部に挟在することが確認される2枚の凝灰岩のK-Ar年代測定結果によれば、約250万年前（後期鮮新世）であると考えられている（鳥井ほか，1999）。本

調査地は人吉盆地西部の球磨村総合運動公園であり、そこには人吉層下部層から上部層が分布している（図2）。過去の研究など（田村，1962）から人吉層は湖（人吉湖）に堆積した地層であることが知られており、人吉層下部は礫岩・砂岩・シルト岩などの碎屑性堆積岩類を主体とした互層であり、礫岩は肥薩火山群由来の垂角礫（湖へ流入した火山泥流堆積物や扇状地堆積物）であるものが多いとされている。

3. 露頭状況

球磨村総合運動公園において、人吉層下部層から上部層に至る垂直方向の岩相変化の調査を行った。球磨村総合運動公園の露頭は、人吉層を特徴づける四万十起源や肥薩火山区火山岩類起源礫岩、植物化石などを含んだ凝灰質砂岩および泥岩とそれらの互層からなり、一般的な走向・傾斜はN33°～53°E, 14°～20°Sを示す。

この露頭には、図3に示すように2本の明瞭な断層があり、それぞれ北側の断層をF1と南側のそれをF2とし、それぞれの断層で隔てられる地質体を北から南へそれぞれA, B, CおよびDブロックとする。Dブロックは、Cブロックの上位に重なる堆積物として位置づけられる。

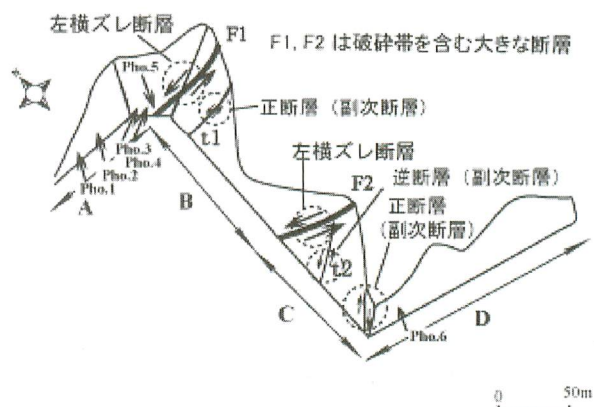


図3 球磨村運動公園人吉層露頭図および岩相写真撮影位置

4. 堆積相と堆積相の示す堆積環境

(1) A, BおよびCブロックの堆積相（図4，5）

球磨村総合運動公園の岩相は下位より灰色の泥岩と厚さ約2mの平行葉理砂岩が重なる岩相から始まり、正級化礫岩、逆級化～正級化礫岩、斜交層理礫岩、礫質砂岩、トラフ型斜交層理砂岩・礫岩の礫岩優勢岩相と植物化石や炭質物を含む砂岩泥岩互層、灰色平行葉理シルト岩等の砂質～シルト岩優勢岩相と累重し上方

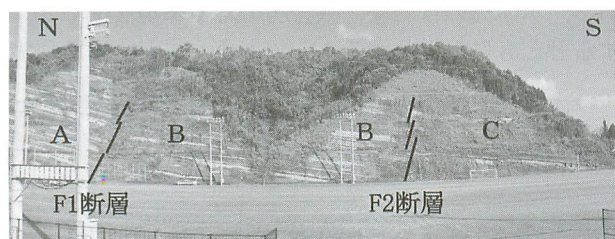


図2 球磨総合運動公園の断層と各ブロックの関係

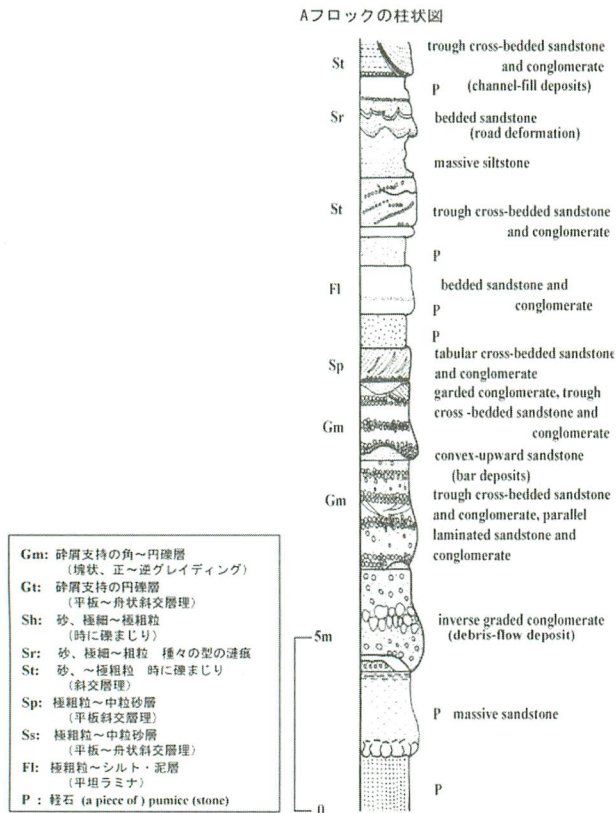


図4 Aブロックの柱状図

細粒化を示す。

堆積環境：下位を削りチャンネル構造を示す正級化礫岩、逆級化～正級化礫岩や斜交層理礫岩からトラフ型斜交層理砂岩・礫岩への上方細粒化の累重は、礫質な河川が埋積されることによって形成されたと考えられる。これは、ポイントバーの移動によって形成される側方付加 (Ramos and Sopena, 1983) に類似している。このような礫岩と砂岩からなる岩相の累重は、陸上ファン (Colmenero et al., 1988) やファンデルタプレーン (Kazanci, 1988) に発達した網状河川で形成されたと考えられている。したがって、この礫岩優勢岩相は、網状河川の発達したファンデルタプレーンを構成していたと考えられる。

その上位に重なる植物化石や炭質物を含む砂質～シルト岩優勢岩相は、河川の氾濫によって後背地に流出したオーバークン堆積物であると考えられる。この岩相は礫岩優勢岩相の上位に出現することから、河川が側方へ移動した後に形成された後背湿地や氾濫原の堆積環境を示し、ファンデルタプレーンを形成していたと考えられる。

(2) Dブロックの堆積相 (図6)

本ブロックは無級化礫岩、斜交葉理礫岩、平行葉理砂岩、砂岩優勢砂岩シルト岩互層、礫質砂岩という岩

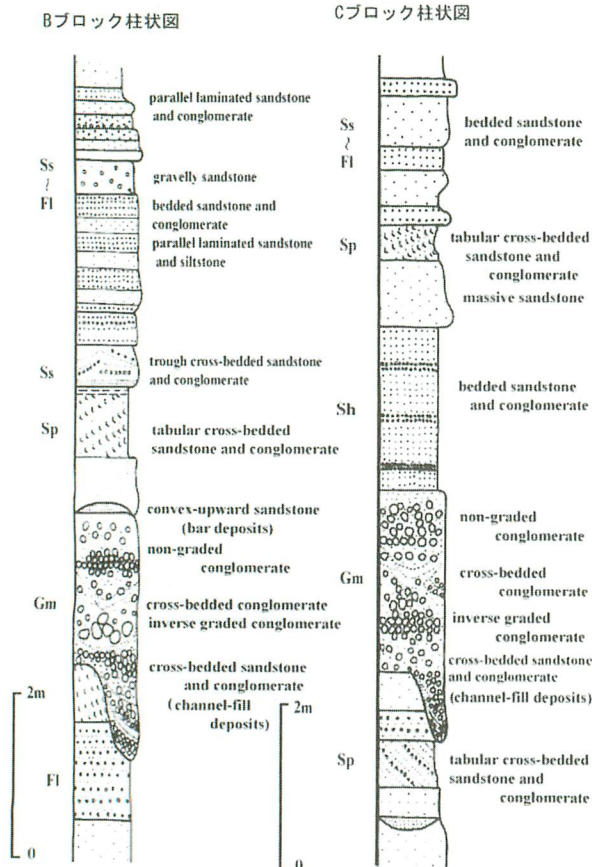


図5 B, Cブロックの柱状図

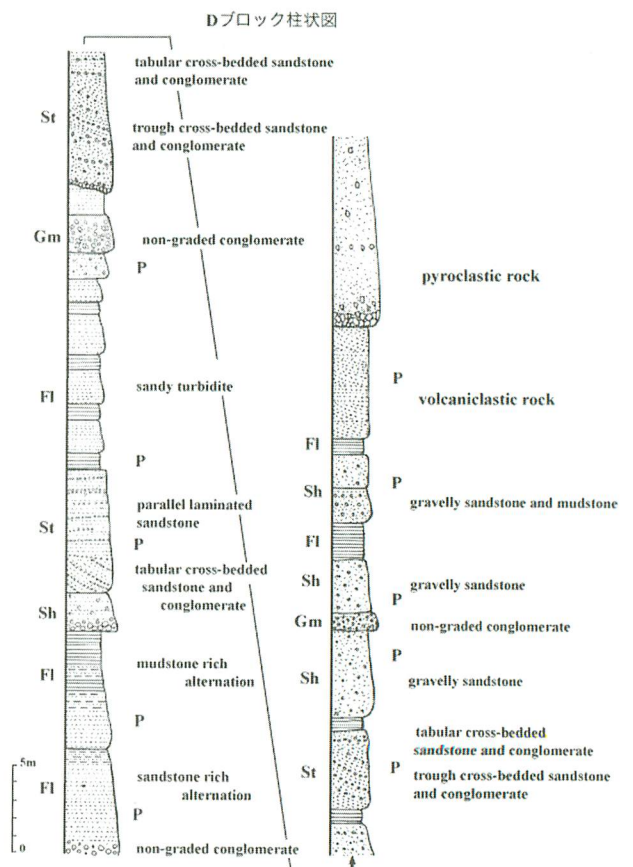


図6 Dブロックの柱状図

相累重を示す。この堆積相は斜交葉理礫岩の存在で特徴づけられ、斜交葉理礫岩には明瞭なフォアセットを示すものもある。

堆積環境：フォアセットを示す斜交層理礫岩は、土石流や高密度な乱泥流などの堆積物重力流が斜面に粗粒碎石物を供給することによって形成される (Nemec, 1990)。斜交層理礫岩、トラフ型斜交層理砂岩礫岩という岩相累重は、沿岸域のチャンネルから沖合の斜面に放出された粗粒碎屑物によって形成されたローブ堆積物と考えられる。平行葉理砂岩は、運搬能力の小さい低密度の乱泥流が流下したことにより形成されたと考えられる (Postma, 1984)。なお、Dブロックの最上位層は所属不明の火砕流堆積物が重なっている。このように、Dブロックの堆積環境は、ファンデルタプレートのチャンネルから放出された粗粒碎屑物が傾斜をもって堆積する部分であり、陸域から水域に前進したファンの全面に位置するデルタフロントと考えることができる。

5. ファンデルタの教材化

球磨総合運動公園に分布する人吉層の堆積相を検討した結果、ファンデルタで形成された可能性が高いことが判った。ファンデルタは、Holmes (1965) のファンデルタの定義「A fan-delta is defined as an alluvial fan prograding directly into a standing water from an adjacent highland」が非常に明快明瞭であるため原文のまま記述する。なお、「alluvial fan」とは「扇状地」、「prograding」とは「土砂が水に流入し前進付加して前置層を作っていく（斜交層理を作っていく）過程」、「standing water」とは「湖や海」を指している。

球磨村総合運動公園の地質調査では、Holmes (1965) のファンデルタの定義にもあるように、扇状地が発達していたことや湖が存在していたこと、露頭に傾斜の異なる斜交層理が見られたことに着目した。ファンデルタの形成過程を子どもたちに視覚的に理解させるために、簡易的な実験装置を2種類開発したので紹介する。

5.1 実験装置及び実験方法

(1) 実験1

図7に示す実験装置は水を張ったモロブタを湖に見たて、雨樋を河川と見たて砂を流し込み、どのような地形や堆積構造がみられるかを簡易的に確認するものである。また、球磨村総合運動公園露頭で見られた斜交層理が各ブロックで異なる傾斜を示していることから、砂がどのように拡がっていくか流向の変化についても注目し、実験を行った。

本実験では色の違いで砂の流向や堆積物を区別しやすくするため白砂と黒砂を使用した。白砂は菊池川に架かる山鹿大橋付近、黒砂は白川に架かる子飼橋付近からそれぞれ採集した。砂は篩を使用して六種類の粒径 (3.5mm ~, 2.0mm ~ 3.5mm, 1.0mm ~ 2.0mm, 0.5mm ~ 1.0mm, 0.25mm ~ 0.5mm, 0.25mm ~) に分級した。砂は実験装置のスケールを考慮し3.5mm以下のものを使用し、約500 ~ 1000cm³の砂を数回に分けてモロブタの中に流し込む。これを1セットとして白砂と黒砂を交互に流し込み、砂の粒径や水の流れの強さなどを変えながら、砂を流し込み堆積させていく。流し終えたら排水口のゴム栓を抜いて排水する。

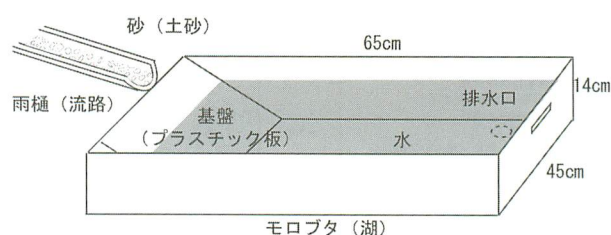
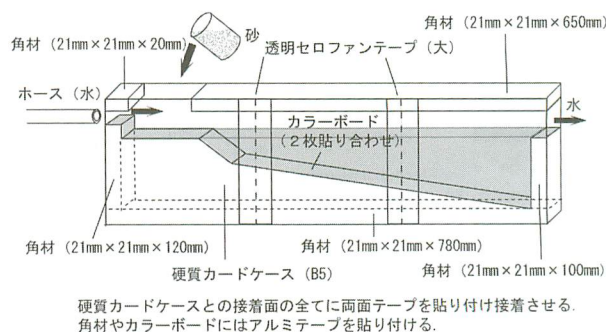


図7 実験装置1

(2) 実験2

図8に示す実験装置は、実験1をふまえて土砂が水域に流入するとどのような堆積構造が形成されるのかを確認するための実験装置である。まず実験装置左のホースの差し込み口から水を流す。実験装置に水がたまったら実験装置の上から砂を約50 ~ 150cm³ずつ流し込んでいく。本実験では色の違いで堆積層を区別しやすくするため白砂と黒砂を使用した。砂は篩を使用して六種類の粒径 (3.5mm ~, 2.0mm ~ 3.5mm, 1.0mm ~ 2.0mm, 0.5mm ~ 1.0mm, 0.25mm ~ 0.5mm, 0.25mm ~) に分級した。砂は実験装置のスケールを考慮し1.0mm以下のものを使用した。砂が水面より



硬質カードケースとの接着面の全てに両面テープを貼り付け接着させる。
角材やカラーボードにはアルミテープを貼り付ける。

※ 材料は全て百円ショップ

材料 B5硬質カードケース（260mm×185mm透明）×6、両面テープ（クッション剤、超強力タイプ、幅20mm）×2、角材（21mm×21mm×910mm）×2、カラーボード（厚さ1cm×45cm×30cm）×2、アルミテープ×2、透明テープ×1、ホース×1

図8 実験装置2

下に堆積するのを確認したら、繰り返し黒砂と白砂を実験装置の中へと交互に流し込んでいく。砂が実験装置の右側の底面に差し掛かったら砂の供給をやめ、ホースの水を止める。

5.2 実験結果

実験1では、図9に示すように砂はほぼ同心円状に拡がり、扇状地の大部分が湖に直接浸かるようなファンデルタのような外形を作った。砂は必ずしも一度に堆積物全体を一樣に放射状に覆うわけではなく、その堆積状況の時々に応じて地形的な低地に厚く堆積した。例えば、粒径の異なる砂を使用することで、粒径の大きな砂が元の流路を防ぎ流向が変化する場合などがあつた。そうして、流向を様々な方向に変えながら堆積し、そのような過程を繰り返しながら放射状に堆積していった。

実験2では、図10に示すように、堆積体の上位にある頂置層と、その下に存在する前置層の斜交層理を確認することができた。また、白砂と黒砂を使用することにより、鮮明な斜交層理を確認することができた。頂置層は前置層の上位にある大変薄い層であるが、色の異なる砂を交互に何度も流し込んだことで幾重にも重なった薄い葉理を確認することができた。また前置層においては、砂は堆積体の上位にできる頂置層を這うように前へ前へと流れて厚く形成された。低置層は前置層のその先端部の斜面から崩壊が生じて、河床面

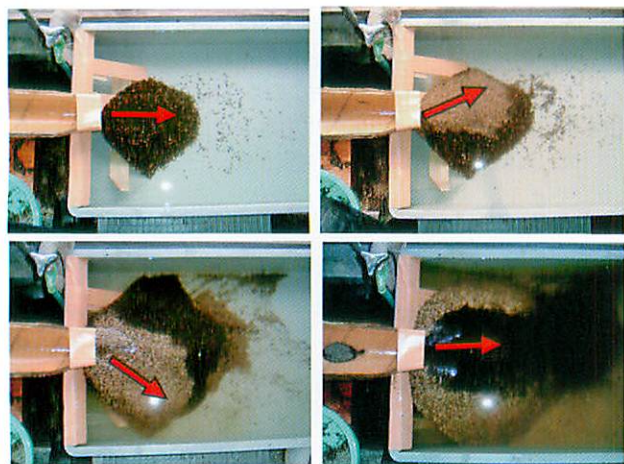


図9 流向の変化に伴うファンデルタの形成

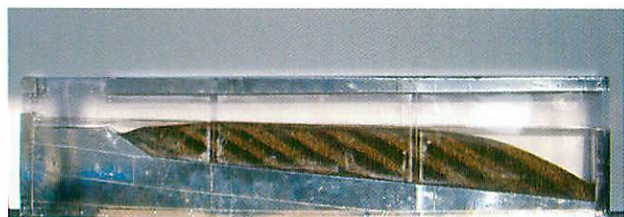


図10 デルタの断面性状

あるいは湖（海）底面に流れ下る過程で形成されていた。このような過程を繰り返しながら図10に示すような模式的なデルタが形成された。

5.3 考察

本教材を実践するにあたって重要なことは、事前に本調査地（球磨村総合運動公園露頭）において十分な野外観察を行うことである。露頭で地層をつくる堆積物、ここでは主に凝灰質シルト岩とその中に見られる植物化石や淡水生貝化石の産出などを手掛かりとして過去の堆積環境を推定させ、本調査地をはじめ地域周辺一帯が過去に大きな湖の下であったことを認識させる。また、高さ約50mにもおよぶ大きな露頭から、このような土砂がどこからどのように運ばれてきたのかを考えさせ、自然の大きさや広がりを実感させる。さらに、今回教材開発で着目した斜交層理の性状をしっかりと確認させる必要がある。

実験における留意点は野外観察と実験とを十分に関連させること、そして実験1と実験2とをそれぞれ独立したものとして捉えず、関連させることである。実験1では扇状地や湖の存在からファンデルタの外形を理解させる。また、色の異なる砂を使用することで流向の変化に気付かせ、土砂が水に流入していく様子について注目させる。これらを踏まえて実験2では土砂は水の進行方向（流向）へと斜交層理が形成され、発達するというように気付かせる。球磨村総合運動公園で見た斜交層理は、流れる水の働きによっていろいろな方向に形成されることに気付かせるようにする。この時注意しなければならないのは実際の露頭のスケールと実験1および実験2のスケールの違いである。それぞれのスケールを考えれば、例えば実験2の斜交層理は実験1ファンデルタのモデルのほんの一部を示しているものに過ぎない。それぞれの実験が独立せず、関連付くようにするためには、詳細な野外観察を行い、スケールの違いを実感させることが重要である。

6. まとめ

本研究では、人吉層に見られる堆積構造および地質構造を理解し、人吉層の堆積環境を明らかにすることと、それに関連した中学校理科における発展的な学習、総合的な学習の時間のための、地域の特色を活かした地学分野の教材開発を行うことを目的とした。球磨村総合運動公園の地質調査では、露頭で見られた湖成堆積層、土石流堆積物、斜交層理など、その他多くの情報をから、この地域に扇状地が発達していたことや湖が存在していたことが確認され、地形的な特徴からも本調査地は、過去の堆積環境がファンデルタであつ

た時期が存在していたと考えられる。教材開発では野外観察と関連付け、本調査地域に扇状地が発達していたことや湖が存在していたこと、露頭に傾斜の異なる斜交層理が見られたことに着目した。そしてそれらを基に教材用の簡易的な実験装置を2種類開発した。

一つ目の実験ではファンデルタの外形と流向の変化により砂が半放射状に拡がることを確認することができた。また、二つ目の実験では砂は水の進行方向（流向）へと斜交層理が形成され、発達することが確認された。これらの実験と野外観察とを関連付けることで、本教材が現在学習指導要領の求める「野外観察、実験などを重視すること」、「生徒自ら観察や実験の方法を工夫したりして課題解決を行うこと」、また「科学的な見方や考え方、自然に対する総合的なものの見方を育てること」などの事項を達成するための一助になるのではないかと考える。

引用文献

- Colmenero, J.R., Agueda, J.A., Fernandez, L.P., Salvador, C.I., Bahamonde, J.R. and Barba, P., (1988) : Fan-delta system related to the Carboniferous evolution of the Cantabrian Zone, northwestern Spain. In Nemec, W. and Steel, R.J., eds., *Fandelta: sedimentology and tectonic settings*. Blackie and Son, Glasgow. 267-285.
- 長谷義隆 (1987) : 南部九州新生界の層序, 九州後期新生代火山活動「地団研専報」33, 251-278.
- 長谷義隆 (1996) : 球磨山地の隆起運動に関する地形考察, 熊本大学教養部紀要, 第31号, 93-104.
- Holmes (1965): A., (1965), *Principles of physical geology*; London, England, Thomas Nelson and Sons, Ltd., 1, 288.
- 池田和則・長谷義隆・太田誠 (1996) : 熊本県人吉盆地西部の植物化石の産状, 熊本大学教養部紀要 自然科学編, 題31号, 105-117.
- Kazanci, N., (1988) : Repetitive deposition of alluvial fan and fan-delta wedges at a fault-controlled margin of the Pleistocene-Holocene Burdur Lake graben. Southwestern Anatolia. Turkey. In Nemec, W. and Steel, R.J., eds., *Fan deltas: sedimentology and tectonic settings*. Blackie and Son, Glasgow, 186-196.
- 文部科学省 (1999) : 中学校学習指導要領 (平成10年12月) 解説-理科編, 大日本図書, 164
- Nemec, W., (1990): Aspects of sediment movement on steep delta slopes. In Colella, A. and Prior, D. B., eds., *Coarse grained deltas*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sediment. no.10, 3-12.
- 大谷寿雄 (1930) : 肥後人吉盆地の地質学的素描. 地質学雑誌, Vol.37, p333-334.
- Postma, G., (1984): Mass-flow conglomerates in a submarine canyon: Abrioja fan delta. Pliocene, southeast Spain. In Koster, E.H. and Steel, R.J., eds. *Sedimentology of gravels and conglomerates*. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., no.10, 137-158.
- Ramos and Sopena, S., 1983; Gravel bars in low-sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). In J.P. Collinson and J.Lewin eds. *Modern and ancient fluvial systems*. IAS Spec. Publ., no.6, 301-312.
- 田村実・徳山康浩・田上公輔 (1962) : 人吉盆地西部の地質概報, 熊本大学教育学部紀要, 第31号, 93-104.
- 田中均・田口清行・村本雄一郎・高橋努・岩永拓也・林智洋 (2007) : 横ずれ断層による“正断層”および“逆断層”の形成～熊本県人吉盆地に分布する人吉層を例として～, 理科の教育 2007/Vol.56 通巻654号, 東洋館出版社, 58-61.
- 鳥井真之・池田和則・板谷徹丸 (1999) : 熊本県人吉盆地に分布する人吉層中の凝灰岩のK-Ar年代. 地質学雑誌, 第105巻, 第8号, 585-588.
- 塚脇真二・倉富健治・金田俊郎・大木公彦・早坂祥三 (1986) : 人吉盆地西部における上部新生界の層序, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物), No19, 87-106
- 八木下康司 (2001) : 岩相解析および堆積構造, 古今書院, 222.
- 山本敬 (1960) : 肥薩火山区の火山地質学的並びに岩石学的研究, 九州工業大学地質学研究室, 90.

球磨村総合運動公園で観察される堆積構造および変形構造



Pho.1 下に平坦、上に凸型のバー堆積物



Pho.2 粗粒砂岩が平板斜交層理を作っているバー堆積物



Pho.3 フレーザー状成層の内部構造



Pho.4 ロードキャスト（荷重痕）の内部構造



Pho.5 チャンネル複合充填堆積物



Pho.6 平板斜交層理砂岩および礫岩の性状