

# 地域素材を活用した地学の学習 (5)

— 大地の成り立ちの教材としての広島デルタ —

山崎 博史・中村 直志<sup>1</sup>

(2013年10月3日受理)

Geoscience Teaching Using Local Geological Materials (5) :  
Hiroshima Delta as a Teaching Material on Formation and Change of Land

Hirofumi Yamasaki and Tadashi Nakamura<sup>1</sup>

**Abstract:** The Hiroshima Delta is located in the Ota River estuary of Hiroshima city. Sedimentation of the delta is defined by the interaction of sediment supply and relative sea-level change. In this paper, overview of sequence stratigraphy for the basis of understanding the depositional process of delta, and the formation process of the Hiroshima Delta are organized by previous studies. And a flume experiment was shown for using the depositional process of Hiroshima Delta as a learning material for understanding the function of running water and formation and change of land.

**Key words:** Hiroshima Delta, sequence stratigraphy, flume experiment, teaching material  
キーワード：広島デルタ, シーケンス層序学, 水路実験, 学習素材

## 1. はじめに

学習指導要領「生命・地球」領域の中の「地球」概念, 特にその「地球の内部」に関わる内容の, 学年の進行に応じた系統的な内容構成の中で (文部科学省, 2009), 川は最初に取り扱われる素材である。川の学習はそれに続く大地の成り立ちでの地層の形成に関わる学習へと展開する。

大地の成り立ちに関わる学習において, 地層観察は重要な活動である。しかしながら, 地層は堆積物の運搬・堆積作用の結果であり, その観察結果に基づいて地層の形成過程を考察することは非常に困難な活動となることが予想される。そのため, 様々な水路や水槽を用いた堆積実験装置による粒子の動きとその結果形成される地層の観察実習が提案されている (池田, 2011)。

ところで広島県では幾つかの主要な河川が瀬戸内海

へ流れ込んでおり, その河口部でデルタを形成している (米倉ほか編, 2001)。その中でも広島湾に注ぐ太田川の下流域には広島平野が形成され, その先端部には広島デルタ (太田川デルタ) が発達し, 典型的なデルタ地形として知られている。

本報告では, 身近な大地として広島デルタを取り上げ, デルタの堆積作用を理解するための基礎としてのシーケンス層序学の概要と広島デルタの成立過程を先行研究により整理する。また, 広島デルタの成立過程を流水の働き及び大地の成り立ちに関する学習素材として活用するための水路実験について述べる。

## 2. シーケンス層序学

地層の形成は相対的海水準の変動と堆積物供給量の時空変化に規制される。相対的海水準の変動に基づいて地層の形成過程を解析する方法としてシーケンス層序学が広く適用されている (伊藤, 1999)。シーケンス層序学の特徴は, ①地層の構成単位を, 堆積シーケ

<sup>1</sup>大竹市立大竹小学校

ンスと呼ばれる、海退から海進、引き続き海退の1回の相対的海水準変動で形成される地層としたこと、及び②陸域から浅海域、さらに深海域まで、同時期に形成される地層を統一的に相対的海水準変動の枠組で解析することである(齊藤, 2001)。②に関して、地層は、主に、低海水準期、海進期、高海水準期の3つの時期の堆積物に分けられ、それぞれ低海水準期堆積体、海進期堆積体、高海水準期堆積体と呼ばれる。また、低海水準期堆積体と海進期堆積体の境界面は海進面、海進期堆積体と高海水準期堆積体の境界面は最大海氾濫面と呼ばれる。以下では、伊藤(1999)に基づいて、相対的海水準変動と海進・海退現象との関連を中心に、シーケンス層序学の概要を整理する。

地層形成を支配する相対的海水準とは、ユースタシーの昇降と構造運動や堆積物の圧密作用などによる基準面の昇降の大きさの和として表される。相対的海水準の変化は、堆積空間(アコモデーション)として定義される、堆積物が堆積することが可能な空間の変化と捉えられ、特に海域では両者は同一のものとみなすことができる。一方、水深は海底から海面までの距離であり、相対的海水準の変動が同じであっても、場所による堆積速度の違いにより、水深の変化に違いが生じる。

海進とは海岸線が陸側に移動する現象である。逆に、海退とは海岸線が沖合側に移動することをいう。海進と海退は、地層の重なりの中では、それぞれ上方深海化と上方浅海化として記録されている。ここで、海進と海退は相対的海水準の変動と堆積物供給量の変化に支配されていると考えられることから、海進・海退と相対的海水準の上昇・低下とは必ずしも一対一に対応しない。

また、沖合の海域とは異なり、浅海域では、海進と海退はそれぞれ水深の増加と減少にほぼ対応する。地層中に記録された水深の増加と減少は、通常、地層の重なり様式の特徴や含有化石の特徴などに基づいて復

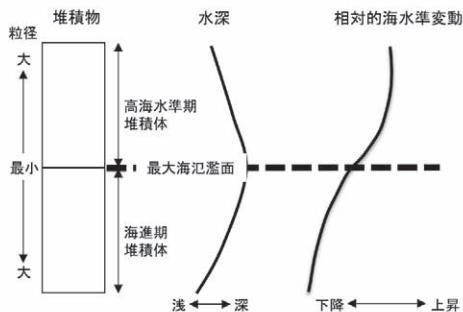


図1 沿岸域での地層形成と水深及び相対的海水準変動との関係を示す模式図

元される。海進と海退が相対的海水準変動の上昇・低下と必ずしも一対一に対応しないことから、地層から復元された古水深の変化のみに基づいて、相対的海水準の変化を推定することはできない。

以上に基づいて、相対的海水準上昇期における沿岸域での模式的な地層形成過程は次のようにまとめられる(図1)。相対的海水準上昇により海進が生じ、水深が増加する。これに伴って海成層が堆積しはじめる。海成層は水深の増加に伴って次第に細粒化し、全体として上方細粒化を示す。海進が最も進行した時、すなわち海岸線が最も陸側に広がり、水深が最も深くなる時、堆積物は最も細粒化する。この時期を示す層準をシーケンス層序学では最大海氾濫面と呼び、この時、相対的海水準の上昇速度が最大になると考える。また海進初期から最大海氾濫面までに形成された地層を海進期堆積体と呼ぶ。最大海氾濫面以降、相対的海水準の上昇速度は減少するが上昇は継続する。そのような状況で海岸線が沖合側に移動する場合、それは堆積物供給に起因する現象と考えられる。この海退に伴って水深は減少し、堆積物は最大海氾濫面の層準に比べて粗粒化する。この時期の堆積物を高海水準期堆積体と呼ぶ。

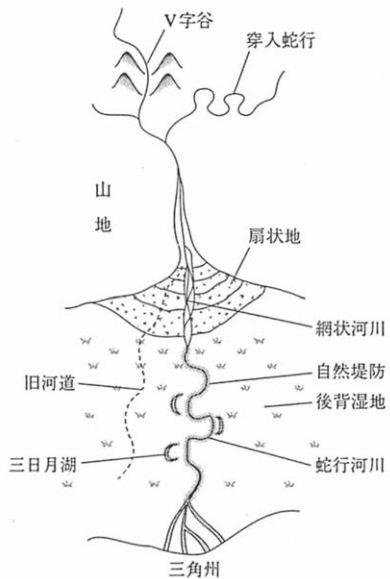


図2 山から海にいたる川の形の変化(土木学会関西支部編, 1998)

### 3. 河川地形の概要とデルタの堆積作用

#### (1) 河川地形の概要

川は、流れる場所によって、形態、流れの様子、そ





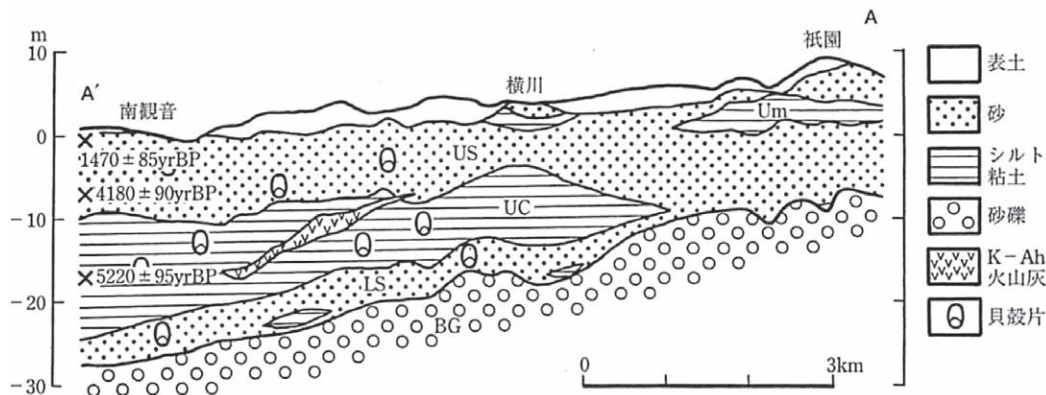


図5 広島平野の地質断面図(白神, 2004) 断面の位置は図4に示される。

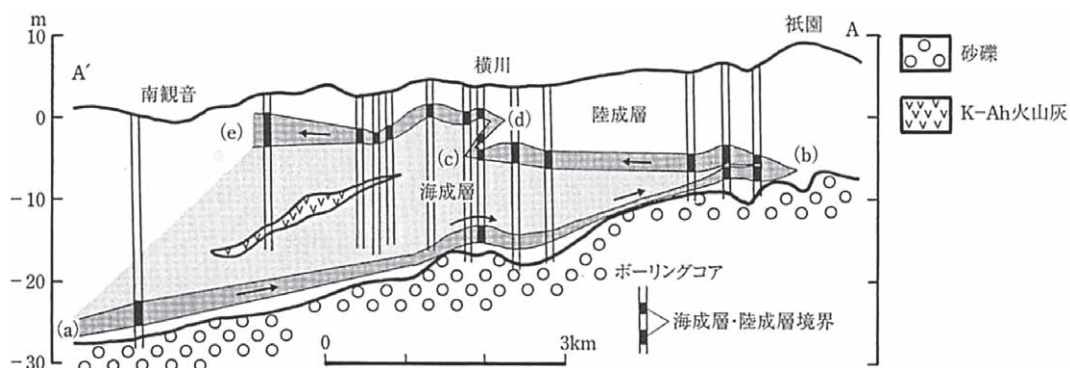


図6 完新統断面における海成層・陸成層境界と海岸線の移動(白神, 2004)

## (2) 広島平野の構成層

広島平野を構成する堆積層は、下位から基盤砂礫層(BG)、下部砂層(LS)、上部粘土層(UC)、上部砂層(US)、最上部層(Um)に区分される(白神, 2004; 図5)。このうち基盤砂礫層は更新統、また下部砂層より上位の地層は完新統である(藤原, 1983; 白神, 2004)。

白神(1985)は、広島平野において採取されたボーリングコアの硫黄含有量を測定し、その垂直変化パターンを解析に基づいて海成層と陸成層を区別した。また、断面図において海成層と陸成層が接する境界は平面図上では海と陸の境界、すなわち海岸を示すと考え、断面図上に描かれた海成層と陸成層の境界を結んだ線は海岸線が移動した軌跡と見ることができるとした。この考察に基づくと、図6に示される広島平野下の完新統が不整合を伴わない整合一連の堆積物と仮定した時、海岸線は図中の(a)から(b)を経て(e)へ移動してきたと見なすことができる(白神, 2004)。

上部粘土層と上部砂層中には、7300年前に降灰したK-Ah火山灰が挟在する(図5)。断面図上の火山

灰層の分布は等時間面を示すと考えられ、図6のとおり、南観音から横川に至る地域において、岩相境界とこの7300年前という時間面が斜交している。またその時間面は海岸線の移動を示す(b)-(c)と交差する可能性が高い(白神, 2004)。このように、海岸線がほぼ同じ高度で沖合に移動し、地層中の等時間面と斜交することは、上部粘土層と上部砂層の大部分は、プロデルタ、デルタフロント及びデルタプレーンで形成されたデルタ構成層と考えられる。

## (3) 広島平野の成立過程

シーケンス層序学では、堆積物の堆積相やその重なり方及び含有化石の特徴に基づいて堆積環境の変化を推定し、堆積体を認定することが基本である。広島デルタの構成層については、その岩相記載(図5)に基づいて堆積体を認定することは困難である。しかしながら、ここでは硫黄含有量という堆積相とは別の指標に基づいて海岸線の移動のようすが復元されている(図6)。海岸線の移動と堆積物の特徴に基づくと、完新世の広島平野の成立過程は次のように

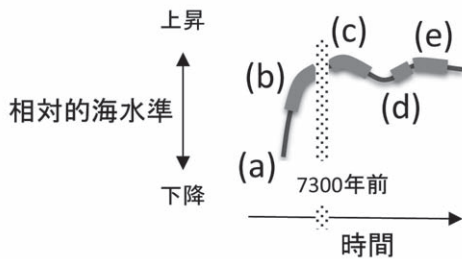


図7 海岸線の位置と相対的海水準との関係を示す概念図 (a)～(e)は図6に対応する。

推定される(図7)。

- ① (a)～(b)：海進期(海進面)：相対的海水準上昇により海岸線が陸側のより高度の高い位置に移動する。それに伴って砂からシルト・粘土へと上方細粒化を示す海成層が形成される。
- ② (b)：海進速度最大期(最大海氾濫面)：完新世において広島湾が最も広がった時期を示す。この時、シルト・粘土層の分布域が最も広がる。
- ③ (b)～(c)：高海水準期：相対的海水準は安定した状況の中、海岸線はほぼ同じ高度を保ちながら、陸側からの堆積物供給により海側へ移動する。またそれに伴ってデルタが形成され、陸域が広がる。なお、海岸移動の軌跡が7300年前の等時間線と斜交していることから、この期は7300年前の時間面を挟んでいると考えられる(白神, 2004)。
- ④ (c)～(d)：海進期：一時的に相対的海水準が上昇し、陸域の拡大が中断した。
- ⑤ (d)：海進速度最大期：一時的な相対的海水準上昇のピークを示す。

- ⑥ (d)～(e)：高海水準期：海岸線は現在とはほぼ同程度の高度で安定しており、堆積物供給によりデルタが前進し、陸域が広がる。

## 5. 教材としての広島デルタと水路実験

日本列島を構成する地形のうち平野の占める面積の割合は35%である(米倉ほか編, 2001)。日本列島の平野は主に沖積平野であり、海岸平野や風成平野も認められる。このような平野の一つとして広島平野がある。

日本では人口の大部分は平野部に集中している。広島市においても、その主要な都市機能は平野部にある。すなわち平野は人間生活の基盤となっていると言える。従って、平野の成り立ちを知ることは、最も身近な大地の成り立ちを知ることに繋がる。小学校・中学校・高等学校のいずれの校種においても、地学関連領域では、大地の成り立ちやその構成層について学習する。また、自然環境と人間生活との関わりを理解することも求められている。

広島デルタは完新世に形成された広島平野の主要な地形構成要素の一つである。地学教材として広島デルタを取り上げる時、様々な視点が考えられる。例えば、流水による運搬・堆積作用の学習、デルタの形成史を扱うことによる時間軸を通して自然を理解する学習、完新世の相対的海水準変動との関連を通して、グローバルな環境変動と人間生活との関わりでの学習などである。

これらのうち、流水による運搬・堆積作用の学習は、川の学習とも関連しており、「地球」概念に関わる学習内容の中で最も基本的な事項と位置づけられる(文

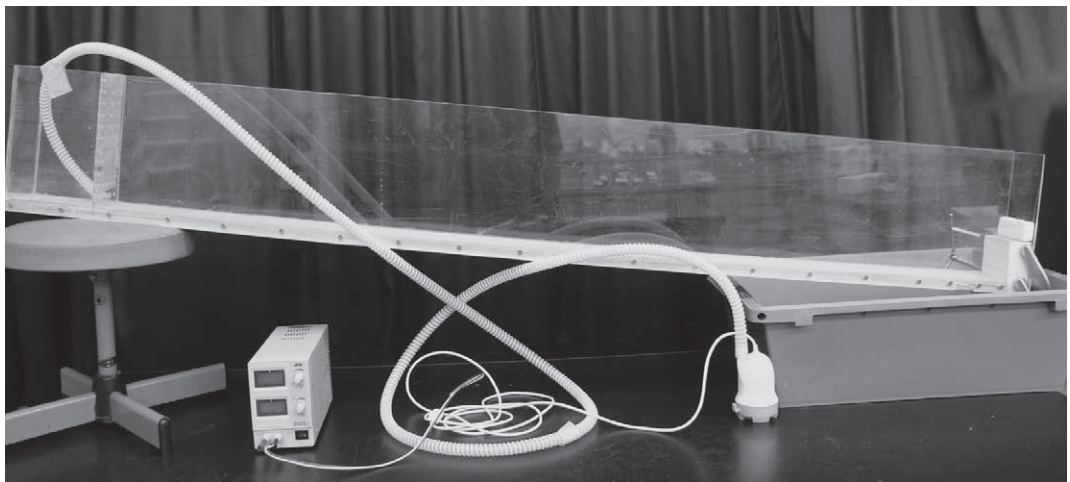


図8 水路実験装置

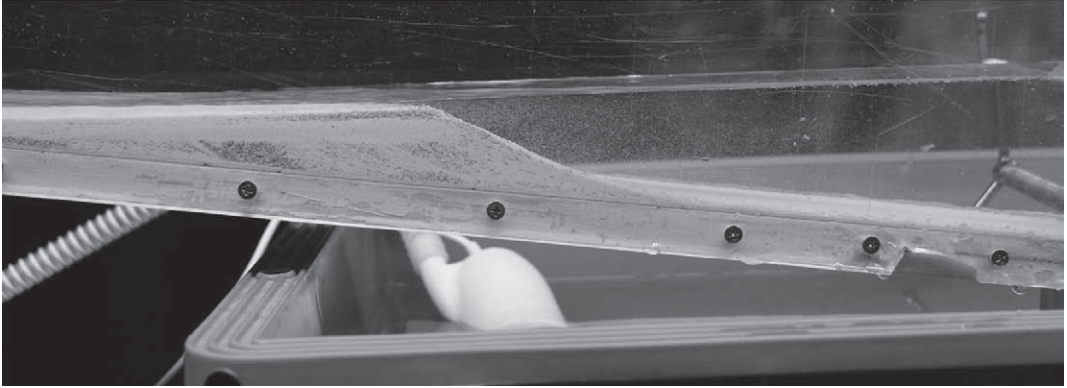


図9 水路実験で形成されたデルタの断面

部科学省, 2009)。流水による運搬・堆積作用の学習では、運搬される粒子の動きやその結果形成される地層の構造の観察を通して学習することが大切である。このため様々な教材・教具が考案されているが、実験水路もその一つである（池田, 2011など）。

今回、池田（2011）を参考に、水路実験装置を自作した（図8）。水路は長さ1.8m、幅0.1m、高さ0.25mで、底面は木製、側面は透明アクリル製である。使用する水はバスポンプによる循環型とし、バスポンプ付属のACアダプターの代わりに直流安定化電源装置を用いることで、水流の強さを調節可能とした。水路の末端に木製の堰を設けて帯水域を作り、さらに発泡スチロール製の堰を追加あるいは取り払うことで、水位の増減による堆積物の形態や内部構造の変化を観察可能とした。

また、堆積物として新東陶料株式会社製の粒径の異なる2色のカラーサンド（黄色：055-0.07mm、オレンジ：1.7-0.5mm）を使用した。

この水路実験装置を用いた流水の動きとデルタの堆積作用に関する観察活動例を付図に示す。この水路実験では川での運搬作用、特に混合効果（池田, 1984）の確認と河口部で粒子が前置層を形成し、さらにその上位に頂置層が平行ラミナを形成しながら堆積する様子が観察される（図9）。また水位を上昇させると、粒子が堆積する場がより上流側へ移動し、その後、新たな水面の付近まで砂粒は堆積し、砂体は沖合に向かって広がっていくこと、すなわちデルタの前進する様子が観察される。

## 6. おわりに

デルタの堆積作用は運搬作用と堆積作用が堆積物供給や堆積空間の状況に対応して進行する。したがって、

流水の働きや大地の成り立ちについて、両者に関連づけて学習するための有効な素材となりうる。特に完新世のデルタは、地形が明瞭に残されており、大地の成り立ちを実感することが容易となると考えられる。運搬作用と堆積作用は条件の変化により連続的に移り変わる。水路実験はこのような連続的な変化を直接観察できるという点で、また、実際は広い空間の中で進行する地層の形成過程を俯瞰的にその全体像を把握できるという点において有効である。広島デルタに限らず、デルタは人間生活の主要な場でもあり、地下地質に関する情報も比較的多い。今後、最も身近な大地として、様々な視点からデルタが教材化されることが望まれる。

## 【文献】

- 土木学会関西支部編（1998）『川のなんでも小事典 川をめぐる自然・生活・技術』。ブルーバックス、小学館、350p。
- 藤原健蔵（1983）広島湾および広島平野の形成。広島市編『広島新史地理編』、広島市、447-490。
- 池田 宏（1984）二粒径混合砂礫の流送に関する水路実験。筑波大学水理実験センター報告、8、1-15。
- 池田 宏（2011）地形を見る目を小型実験で磨こう。第四紀研究、50、209-219。
- 伊藤 慎（1999）シーケンス層序学の基本的枠組み。地質学雑誌、105、508-520。
- 文部科学省（2009）高等学校学習指導要領解説理科編。文部科学省 HP より2013年6月26日ダウンロード。
- 齊藤文紀（2001）シーケンス層序学。加藤碩一・脇田浩二総編集『地質学ハンドブック』、朝倉書店、100-104。
- 白神 宏（1985）FeS<sub>2</sub>含有量からみた広島平野沖積層の堆積構造。地理学評論、58、631-644。

白神 宏（2004）広島平野．太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正編『日本の地形6 近畿・中国・四国』，東京大学出版会，220-222.

徳岡隆夫・山内靖喜・三瓶良和・宮田雄一郎（1995）『マッドランプー中海，安来市飯梨川河口ー』，安来市教育委員会，26p.

米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編（2001）

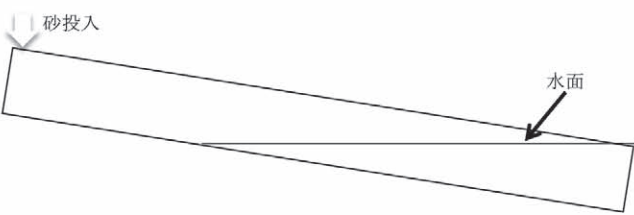
『日本の地形1 総説』，東京大学出版会，348p.

## 【謝 辞】

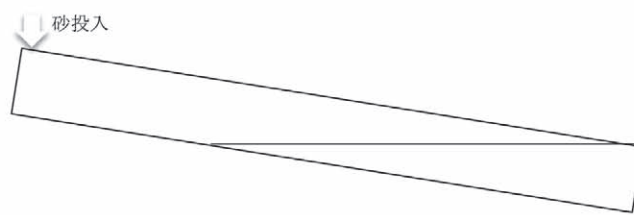
本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究（A）課題番号25242015（代表：古賀信吉）の支援を得て行われた。この場をお借りしてお礼申し上げます。

<ワークシート>

**【予想】**  
流水の中に粒径の異なる2色の砂を投入した時，砂はどのように運ばれ（粒径による運ばれ方の違い），装置のどのあたりに，どのように堆積するか予想し，右図に書き込む。



**【結果】**  
水流の中に砂を投入し，砂粒の動きと砂層が形成される様子を観察し，その結果を記録する。



**【考察】**

- 1) 流水による砂粒の動きについて
- 2) デルタの発達様式と海水準の関係について

付図 水路実験装置を用いた観察活動とワークシートの例