

## 地域の地層を活用した探究型デジタルコンテンツの開発

### —地層の系統的比較による動的な地層概念の形成—

西村真也<sup>\*1</sup>・益子典文<sup>\*2</sup>

プレートテクトニクスに基づき、動く大地が地層をつくるという「動的な地層概念」形成を目指し、高知県の地学特性を活かして、中学校学習指導要領で扱われている地層事例を系統的に配置して付加体の形成過程を題材とする探究型デジタルコンテンツを開発した。検証授業を通して、開発した探究型デジタルコンテンツの活用により、系統的な地層事例に対して生徒の探究意欲が高まるとともに系統的に配置した地学事例への理解がなされる事が認められ、付加体としての地層形成過程への理解により「動的な地層概念」を形成しうることが示された。

〈キーワード〉地学、動的な地層概念、探究型デジタルコンテンツ、地域の地層、プレートテクトニクス

#### I. はじめに

防災や国土保全の観点からも変動帯としての日本の動的な大地の成り立ちを、科学的に認識することが重要である。近年の研究により、日本列島は世界有数の変動帯であり、基盤のほとんどがプレートの沈み込みによる付加体として成立している事が明らかとなってきた(例えば磯崎(2000)など)。よって日本列島の地層形成プロセスを理解するためには、「大地の変動によって地層や岩石が移動して、新しい地層を形成する」という「動的な地

層概念」が必要である。しかし現行の中学校学習指導要領で扱われている地層形成の事例は「地層は河川などの水流のはたらきで碎屑物の運搬堆積により形成される」という「静的な地層概念」に基づくものである。動的でシステムの地球観へと生徒の認識を導くために、これらの地層概念を統合化し、付加体として形成された地層に適用するための発展的な教材の開発が求められる。

地学領域の学習において、学習指導要領で野外学習が必修化されているが、地域での事象の特異性などの特性を補完するデジタルコンテンツが活用されることも多い。地学領域は理科教師がフィールドワークを通して地域の特性を活かしたデジタルコンテンツを教材として開発しやすい領域でもあり、実際にネットワーク上にも写真や動画など、地域の特性を活かしたコンテンツを多く見ることができる。それらのコンテンツの多くは「分かること」を目的とする資料提示型のスタイルが主流である。

益子(2002)は、コンピュータやインターネットを「教師が」活用することにより、生徒がより「わかる」、より生徒が「考える」授業を実現するためには、教師が主体となって授業を設計する必要があると提唱した。地域の特性を活かした複数の事象のコンテンツを系統的に配列可能な形で収集・蓄積することができれば、学習者が「疑問」を見いだす探究型のスタイルの授業で地域特性を活かした教材としてコンテンツを使用することができ

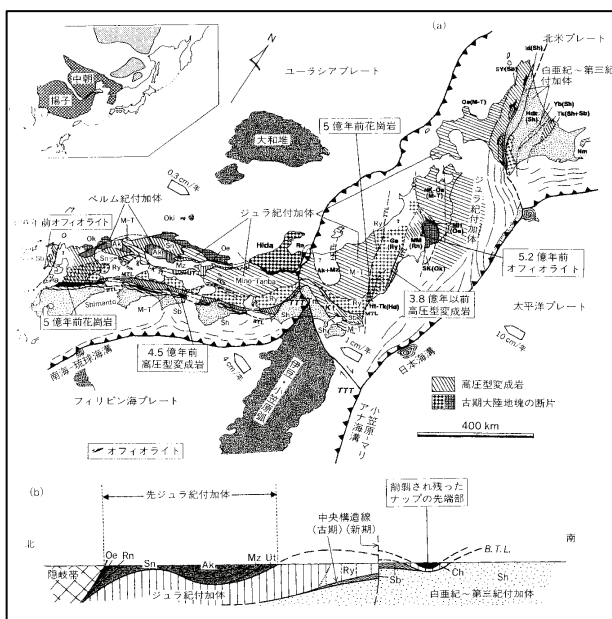


図1 日本列島の地質と構造 (磯崎 2000)

\*1 高知県高知市立大津中学校

\*2 岐阜大学総合情報メディアセンター

と考える。学習事例に対して特定の目的を持った系統的な内容を持ち、しかもそれらを意味のある形で教師が組み合わせながら生徒の探究活動を活性化することのできるデジタルコンテンツのセットを、「探究型デジタルコンテンツ」と呼ぶ。

特に高知は、世界で初めて付加体の形成が陸上で実証された場所であり<sup>(3)</sup>、各地で特徴的な地層を観察することができる。したがって、地域特性を活かしながら、システム的な観点から地学事象を統合していくことが可能なコンテンツを収集・蓄積可能である。そうしたコンテンツを効果的に配置し系統的に対比することで、生徒の疑問を、そして探究心を引き出すことができるならば、自ずと動的な地層の概念形成が可能と考える。図2に中学校理科地学領域におけるデジタルコンテンツの活用イメージを示す。

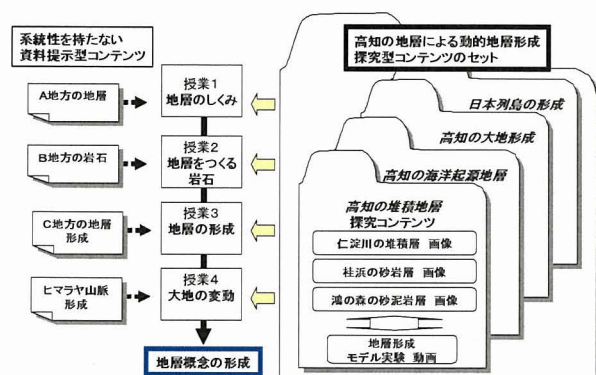


図2 地学単位におけるデジタルコンテンツの活用

以上の考えに基づき地域の地層を活用した探究型デジタルコンテンツの開発と活用の研究に取り組んだ。

## II. 研究方法

①高知県内に分布する付加体地層の地質調査を行い、試料の収集を行う。このとき複数の地層事例を対比できるように事例を選択する。②収集した試料をもとに、複数の地学事象やモデル実験などのコンテンツ事例の開発を行う。開発したコンテンツは教師が目標にしたがって自由に配置可能なように、複数の素材として蓄積する。③開発蓄積したコンテンツ事例から、生徒が複数の地学事象（複数の異なる地層など）を比較検討しながら学習を展開できる「探究型デジタルコンテンツ」を構成する。同時に探究型デジタルコンテンツの効果を活かす授業設計

を行い、発問およびワークシートを開発する。④開発した探究型デジタルコンテンツを活用した検証授業を行い、その効果を検証する。

## III. 探究型デジタルコンテンツの開発

### 1. デジタルコンテンツの設計

探究型デジタルコンテンツを活用して地学事象をシステム的な観点から統合していく過程は、地球のシステムを読み解く地学のプロセスに基づく。つまり野外における「地層」という事実に対して、その構成要素である「岩石」の観察を通して、その形成プロセスを探究するものである。地学領域は、個々の事例そのものは収集が比較的容易である。しかし多様な地学事象に対して系統的に事例を収集することは困難である。高知県の地域素材を活かし、生徒が「知っている場所」において系統的な事例を収集し配置することができるならば、地学事象に対する生徒のシステム的な思考を可能にすることができるであろう。

新しい動的な地層概念形成のための事例として、世界的な付加体研究の舞台となった四万十帯に分布するメランジェ（混在岩層）を用いた。メランジェにおいては陸源の堆積岩類と海洋起源の岩石類が混在する。そこで生徒にとって未知の地層としてのメランジェについて、その構成要素である岩石類を観察し、起源の異なる岩石が同じ地層中に混在することの矛盾を見いだす。そして矛盾への疑問を探究することから、地層や岩石の移動・混合という考えを見だし、地層形成概念を形成するという探究過程を設計した。図3に探究型デジタルコンテンツの設計を示す。

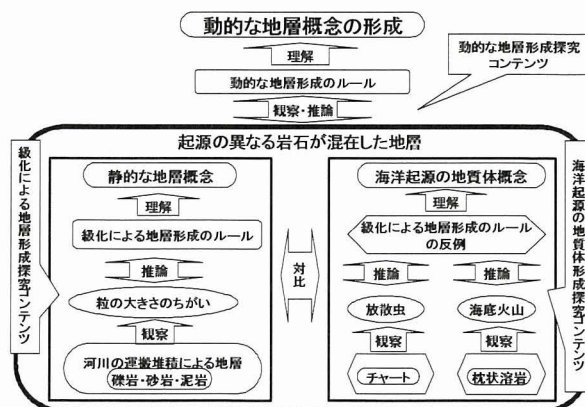


図3 探究型デジタルコンテンツの設計



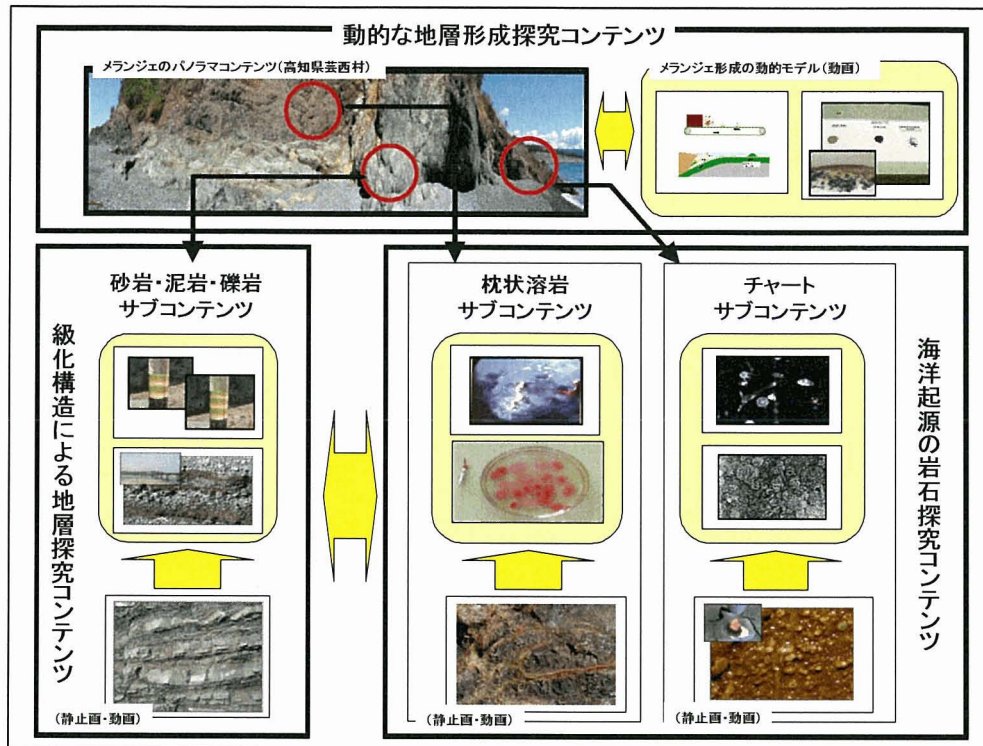


図4 作成した探究型デジタルコンテンツセット

## 2. デジタルコンテンツの作成

探究型デジタルコンテンツは、発問とあわせて生徒の疑問や探究意欲を引き出すものである。設計に基づき、高知県の地域素材を活かしてフィールドワークによって課題のねらいを具現化する地層コンテンツの試料収集を行った。また課題探究の過程が生徒の野外での地層観察における地層を読み解く過程に準じるよう、岩石や微化石などの補助事例を配置した。また補助資料となるモデル実験やアニメーションなどのデジタルコンテンツの作成を行った。こうしたコンテンツを系統的に配置して、探究型デジタルコンテンツのセットを作成した。図4に作成したコンテンツのセット構成を示す。

## IV. 授業実践による学習効果の検証

### 1. 検証授業の設計と検証方法

開発した探究型デジタルコンテンツのセットを活用し、探究型学習活動による動的な地層概念の獲得を目標として、2 時間計画による検証授業を行った。対象は高知市立 A 中学校 1 年生 (28 名) で、授業実施時において単元「大地の変化」は未履修である。

授業設計として、デジタルコンテンツで提示する地学事例に対して、「地層・岩石の観察」→「形成過程の推論」→「事例の理解」→「概念形成」という、地質学的思考としての「地層を読み解く過程」に沿った学習活動となるよう系統的に事例を配置し、コンテンツが示す情報から探究意欲を引き出すための中心課題を設定した。1 時間目には静的な地層概念としての水流による地層形成過程探究のために、地層の級化構造を事例とし、このコンテンツが示す情報から探究意欲を引き出すための中心課題として実験による級化構造の形成方法を設定した。2 時間目は水流による地層形成の反例となる海洋起源の岩石 (チャート、枕状溶岩) について級化構造による地層と比較しながら示した上、中心課題として起源の異なる岩石類が混在するメランジェ (混在岩) 層の形成方法を設定した。そして「地層を読み解く過程」の視点となる、それぞれの課題事例に対する地層の形成過程を「地層をつくるルール」として、そしてその探究過程を「地層の読み方」としてまとめる展開とした。

デジタルコンテンツはプロジェクターで教室全面のスクリーンに投影し、コンテンツの事例に対して授業者が発問し、生徒とのやりとりで思考を引き出すようにした。



図5 検証授業におけるデジタルコンテンツの活用の様子

図5に検証授業での活用の様子を示す。

学習効果の検証として、授業前後において「地層形成認識調査」および「学習意欲調査」を行い、生徒の新しい概念形成や情意面での変化を検証する。また授業後に探究意欲および学習内容理解の程度を調査し、学習活動を検証する。次に検証授業の結果と考察について述べる。

## 2. 検証授業の結果と考察

### (1) 地層形成認識調査による検証

#### ①調査の目的と方法

現行の学習指導要領のカリキュラムにおいて、生徒は「河川により流されてきた土砂が河口や海底に堆積して、現地性としてその場所で地層を形成した」という「静

的な地層概念」が強く形成されると考えられる。一方、動的な地層形成を読み解く鍵となる事例としては、海洋底などで形成されプレート運動により運ばれて、異地性岩石として日本列島の付加体地層を構成するチャート、枕状溶岩、石灰岩などの海洋起源の岩石がある。これらの岩石について分類のみの扱いで、その岩石を含む地層形成プロセスまで扱われることはないために、生徒には「動的な地層概念」は育ちにくいことが予想される。

そこで開発した探究型コンテンツによる学習の効果を検証するために、授業前後における生徒の地層形成概念の変化を、海洋起源の異地性岩石の形成場に対する認識および、地層形成に伴う地学事象に対する認識により調査した。表1に地層形成認識調査の質問項目および回答の選択肢を示す。

表1 地層形成認識調査項目

因子		質問項目および選択肢	
地層形成に 関わる 動的な地層概念	河川による 地層形成概念 (静的な地層概念)	質問 種崎海岸の砂利を調べると鏡川の川原と同じ砂利であることが分かりました。これはどうしてだと考えますか。	
		選択肢 ア. 種崎海岸は昔は川だった。	環境変化
		選択肢 イ. 種崎海岸の砂や石が鏡川から流されてきたから。	粒子の運搬堆積
	大地が動く概念 (動的な地層概念)	選択肢 ウ. 鏡川の流れている場所は昔は海だったから。	環境変化
		質問 日本とハワイ諸島は毎年8cmづつ近づいていることが分かりました。これはどうしてだと考えますか。	
		選択肢 ア. 地球表面の大地が動いている。	大地の運動
動的な地層形成の 概念と 性となる 岩石形成場の 認識	深海底起源の チャート	選択肢 イ. 島であるハワイ諸島が動いている。	「島」の運動
		選択肢 ウ. 海の面積が小さくなっている。	環境変化
		質問 鹿児島神社の境内のがけの地層にあるチャートは、太平洋の深海にたまっている粒でできていることが分かりました。この場所にあるのはどうしてだと考えますか	
	珊瑚礁起源の 石灰岩	選択肢 ア. 昔の高知は深海だった。	現地性(環境変化)
		選択肢 イ. 深海でできた岩が高知まで運ばれてきて地層をつくった。	異地性(岩体の移動)
		選択肢 ウ. 深海の粒が海流などで高知まで流されてきて岩をつくった。	現地性(粒子の運搬)
	海底火山の 溶岩	質問 龍河洞近くの三宝山の地層にある石灰岩は、あたたかい海のサンゴの化石でできていることが分かりました。この場所にあるのはどうしてだと考えますか。	
		選択肢 ア. 昔の高知はサンゴができたあたたかい海だった。	現地性(環境変化)
		選択肢 イ. あたたかい海でできた石灰岩が高知まで運ばれてきて地層をつくった。	異地性(岩体の移動)
		選択肢 ウ. サンゴが海流などで高知まで流されてきて石灰岩をつくった。	現地性(粒子の運搬)
	海底火山の 溶岩	質問 手結の住吉海岸の地層から見つかった石は海底火山の溶岩だと分かりました。この場所にあるのはどうしてだと考えますか。	
		選択肢 ア. 昔の高知の海は海底火山が活動していた。	現地性(環境変化)
		選択肢 イ. 海底火山の溶岩が高知県まで運ばれてきて地層をつくった。	異地性(岩体の移動)
		選択肢 ウ. 遠く海底火山から流出した溶岩が高知県まで流れてきて、固まって地層をつくった。	現地性(溶岩の運搬)

海洋起源の異地性岩石の形成場に対する質問項目を表1(a)のように設定した。高知で実際に観察されるチャート、石灰岩、枕状溶岩の起源について、動的な地層概念となる「異地性の岩体」の認識を示す回答として「岩体の移動による形成」という選択肢を、静的な地層概念となる「現地性の岩体」の認識を示す回答として「粒子の運搬による形成」および「環境の変化による形成」という選択肢を設定しその認識を問うた。

地層形成に関わる地学事例についての質問項目を表1(b)のように設定した。静的な地層形成の認識の程度を、水流による運搬堆積作用の実例となる河原と海岸の堆積物の共通性の原因として問うた。選択肢として「河川の運搬堆積作用」に



表 2 地層形成認識調査の結果 (n=28)

(a)異地性岩石の起源						
	チャート		石灰岩		枕状溶岩	
	異地性	現地性	異地性	現地性	異地性	現地性
授業前	3	25	2	26	4	24
授業後	19	9	10	18	20	8

(b)地層形成に伴う地学事象への認識						
	河川と海岸での堆積物の共通性			ハワイ諸島の移動		
	粒子の運搬	河川の海岸化	海岸の河川化	大地の運動	「島」の移動	海の広さ変化
授業前	12	5	11	9	17	2
授業後	20	3	5	21	6	1

対して、環境変化による「河川の海岸化」「海岸の河川化」という3つの選択肢を設定した。動的な地層形成に関わり、その原動であるプレート運動の認識の程度を、実例となるハワイ諸島と日本列島の接近の原因として問うた。選択肢として、動的な大地の変動の認識となる「大地の動き」に対して、大地の変動としての認識ではない「島としての移動」、「海の広さの変化」という3つの選択肢により問うた。

## ②授業前の認識

表 1 (a) に示した海洋起源の異地性岩石であるチャート、玄武岩、石灰岩の形成場についての回答を図 6 (a) に、その回答数を「異地性」および「現地性」の2因子に分類した結果を表 2 (a) に示す。

それぞれの因子への回答数について二項分析 (N=28 両側検定) を行くと、いずれの岩石に対しても「現地性」とする回答数が 1%水準で有意に多い。これより生徒の既有概念として、あらゆる地層や岩石に対して、すべてその場で形成されたとする「静的な地層概念」が強いことが示された。

また地層形成過程に関わる事例への回答結果を表 2 (b) に示す。河川と海岸の堆積物の共通性の原因を問う設問では、増水などのイベントごとに行われている運搬堆積作用に対して、長大な時間等が必要な陸化という環境変化を選択する回答が多く、地層形成概念に必要な時間的空間的な認識が弱いことが示される。一方、ハワイ諸島の移動を問う設問においても、「大地の動き」ではなく「島としての移動」を選択する回答が多く、プレートなどの知識は高いものの、それが大地の変動の概念とは成り得ていないことも示された。

## ③授業後の認識

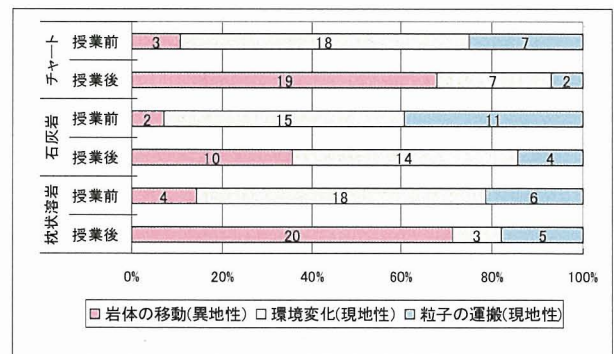
授業後において、海洋起源の異地性岩石であるチャート、玄武岩、石灰岩の形成場についての回答を図 6 (a) に、

その回答数を「異地性」および「現地性」の2因子に分類した結果を表 2 (a) に示す。

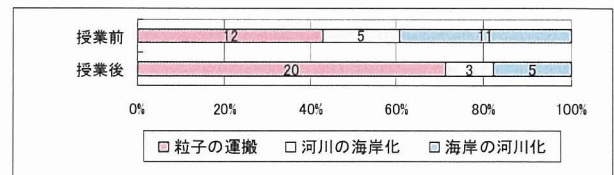
それぞれの因子への回答数について二項分析 (N=28 両側検定) を行くと、実際に授業で事例として扱ったチャートについては「異地性」の回答数が有意に多い傾向であり、同様に事例として扱った枕状溶岩については 5%水準において有意に多い。また図 6 (a) に示す授業前後のそれぞれの岩石に対する3つの選択肢への回答数について  $\chi^2$  検定を行うと、いずれの事例についても選択しに対する回答数の偏りが有意であり (チャートおよび枕状溶岩:  $p<.01$ , 石灰岩:  $p<.05$ )、残差分析 (N=28) の結果、いずれも動的な地層概念となる「岩体の移動」への回答数が 5%水準において有意に増加している。

地層形成過程に関わる事例についての回答数を表 2 (b) および図 6 (b) に示す。

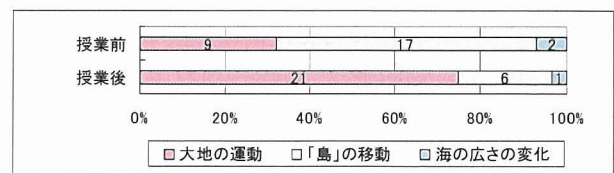
河川と海岸の堆積物の共通性の原因を問う各選択肢の回答数について  $\chi^2$  検定を行うと回答数の偏りが有意であり ( $\chi^2(2)=18.500, p<.01$ )、ライアンの名義水準を用いた多重比較の結果、「粒子の運搬堆積」の回答数が 1%水準で有意に多い。また授業前後の各選択肢への回答数



(a) 異地性岩石の起源の認識



(b) 河川と海岸の堆積物の共通性の認識



(c) ハワイ諸島の移動の認識

図 6 地層形成事例に関する認識の変化 (n=28)

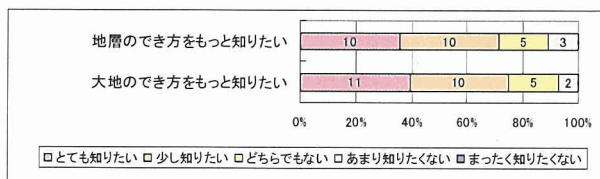
について $\chi^2$ 検定を行うと回答数の偏りが有意傾向であり ( $\chi^2(2)=4.750, .05 < p < .10$ ) , 残差分析 (N=28) の結果, 「粒子の運搬堆積」の回答数の増加も, 5%水準において有意である。

ハワイの移動に対する各選択肢の回答数について $\chi^2$ 検定を行うと回答数の偏りが有意であり ( $\chi^2(2)=23.214, p < .01$ ) , ライアンの名義水準を用いた多重比較の結果, 動的な地層概念となる「大地の運動」の回答数が 1%水準で有意に多い。また授業前後の各選択肢への回答数について $\chi^2$ 検定を行うと回答数の偏りが有意であり ( $\chi^2(2)=10.39, p < .01, p < .05$ ) , 残差分析 (N=28) の結果, 「大地の運動」への回答数の増加も, 5%水準において有意である。

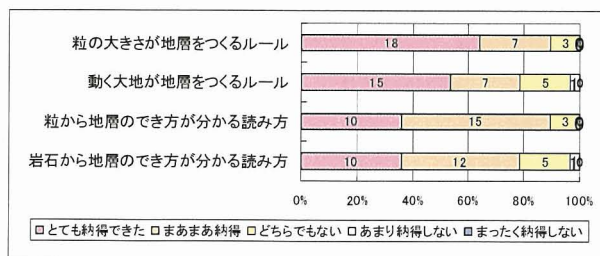
以上の地層形成認識調査より, 今回の学習活動を通して水流の運搬堆積による地層形成という「静的な地層概念」がより高まるとともに, 大地の変動によって地層や岩石が移動して, 新しい地層を形成するという「動的な地層概念」が形成される事が認められた。これにより地学事例を系統的に配置した探究型デジタルコンテンツの活用により, 既有概念である静的な地層概念とその反例となる地層概念が統合化され, 新しい動的な地層概念が形成されと考えられる。

## (2) 探究意欲および理解の程度

探究型デジタルコンテンツの効果として, 事例を効果的に配置し系統的に対比することで生徒の探究心を引き出すことができるならば, 自ずと新しい概念形成が可能と考える。そこで2時間それぞれの授業後に探究意欲の表れの程度として「知りたい」度合い, 探究活動を通し



(a) 探究意欲としての「知りたい」度合い



(b) 理解度としての「納得」の度合い

図7 探究意欲および理解の程度 (n=28)

ての理解の程度として「納得」の度合いを調査した。図7に結果を示す。

探究意欲の表れである「知りたい」度合いは, 1時間目の級化構造による地層のでき方に対して「地層のでき方をもっと知りたいか」として, 2時間目の動的な地層形成事例に対して「大地のでき方をもっと知りたいか」として, それぞれ5件法により測定した。図7(a)にその結果を示す。「とてもそう思う」「まあまあそう思う」を合わせた肯定者数と, 「どちらでもない」を含めた否定者数について二項検定を行うと (N=28 両側検定) , 2時間授業のどちらの設問に対しても 5%水準において肯定者数が有意に多い。よって今回の学習を通して効果的に探究意欲が高められた事が示された。

探究活動による理解としての「納得」の度合いは, 系統的に展開した地層形成プロセスに対しての「地層をつくるルール」およびそこから導かれる「地層の読み方」に対して5件法により測定した。図7(b)にその結果を示す。「とても納得した」「まあまあ納得した」を合わせた肯定者数と, 否定者数について二項検定を行うと (N=28 両側検定) , いずれの「ルール」および「地層の読み方」の設問に対しても 5%水準において肯定者数が有意に多い。よって今回の発展的な内容の学習に対しても高い理解が得られたことが示された。

以上のことよりも, 事例を系統的に配置した探究型デジタルコンテンツの活用により段階的な探究活動がなされ, 新しい動的な地層概念を形成しようと考えられる。

## (3) 学習意欲調査による検証

デジタルコンテンツを活用した探究型の学習は, 生徒の学習意欲の面でも効果が期待される。測定因子として金子・藤田 (1996) を参照し, 理科および地学への「好奇

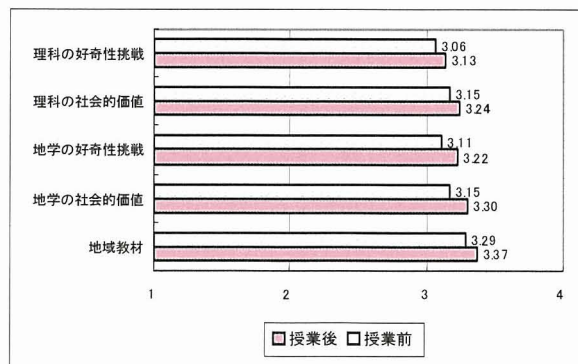


図8 授業前後における生徒の学習意欲 (n=28)



表 3 生徒の学習意欲調査の質問項目と結果 (n=28)

因子	質問項目	授業前	授業後
理科への好奇心・挑戦	理科で学習したことをもっとくわしく調べてみたい	2.75	2.89
	理科の実験や観察は自分で実物にふれて行いたい	3.25	3.29
	実験や観察から自然の仕組みを考えることは面白い	3.18	3.21
理科の社会的価値	理科の勉強は生活とも関係がある	3.11	3.14
	理科の勉強は世の中に役立つことが多い	3.18	3.21
	理科の勉強は新しい科学を理解するために大切だ	3.18	3.36
地学への好奇心・挑戦	いろいろな種類の石や化石を自分で見つけてみたい	3.25	3.29
	大地がどのようにしてできるか知りたい	2.96	3.14
地学への社会的価値	地層や大地のしくみの勉強は生活とも関係がある	2.93	3.11
	地層や大地のしくみの勉強は世の中に役立つ	3.00	3.18
	地層や大地のしくみの勉強は防災などのために大切だ	3.54	3.61
地域教材	高知と関係する内容についての勉強は興味がある	3.14	3.25
	知っている場所でのことがらについての学習は考えやすい	3.50	3.54
	高知の大地がどのようにしてできたかもっと知りたい	3.21	3.32

性・挑戦」「社会的価値」因子として設定した。また地域教材を用いることで生徒の系統的な思考を助けることが期待できることから「地域教材」の因子を設定した。これらの因子にもとづく設問に対して 4 点法で回答を求めた。図 8 に因子ごとの平均値の授業前後における変化を、表 3 に各設問への回答を 4 点法に換算した平均値を示す。

4 点法に換算した平均値により因子ごとに授業前後での測定値について分散分析を行った結果「地学の社会的価値」のみに値の偏りが有意傾向となった ( $F(2,27)=3.98, p<.10$ )。よって、今回の学習を通して、大地の成り立ちの学習に対する価値を見いだすことができたと考えられる。また地域教材の因子について、有意差はないものの最も高い平均値を示し、地域教材の活用が生徒の思考を助けうることが示されたと考える。また値の変化は有意ではないが、理科の好奇心挑戦因子の「理科で学習したことをもっと調べてみたい」や、地学の好奇心挑戦因子の「大地がどのようにしてできるか知りたい」という探究意欲を示す項目についての平均値が授業後に 5%増加しており、このことも今回の探究型の学習で探究意欲が高まったことを示していると考ええる。

## V. 研究のまとめ

高知の地層特性を活かして地学事例を系統的に配置して開発した探究型デジタルコンテンツの活用により、生徒の探究活動を促し、発展的な事例である動的な地層形成プロセスに対しての理解ならびに概念形成がなされることが示された。これにより多様な要素を持つ地学事象に対しての探究型デジタルコンテンツを活用した学習の有効性が示されたといえる。

地学事象の学習において野外での実体験が

何よりも有効であることはいうまでもない。しかし地域の特性を活かし収集蓄積された複数のデジタルコンテンツを系統的に組み活用することは、野外学習の困難性を補い、地学が専門ではない教員でも有効な活用が可能となると思われる。

今後、探究型デジタルコンテンツの開発と、それを活用する授業設計の研究を進め、生徒たちに生きた地学教育の機会をつくりだしていきたい。

## 引用・参考文献

- 1) 磯崎行雄 (2000) 日本列島の起源,進化,そして未来.『科学』70.No2.133
- 2) 益子典文 (2002) 『デジタルコンテンツを活用した「わかる授業」「考える授業」の設計』.熊本県教育情報システム IT 活用で授業を変える!.実践研究内容 <http://www.higo.ed.jp/ws/e-class/sekkei.htm>
- 3) 平 朝彦 (1990) 『日本列島の形成』.岩波新書
- 4) 金子基一・藤田剛志 (1996) 理科における学習意欲測定尺度の開発,『千葉大学教育実践研究』3.pp107-119