

アンモナイトの生態を紹介するためのハンズオン展示の製作

遠 藤 大 介*

A Hands-on Exhibits for Self-learning of Ammonite Biology – The Cartesian Diver Imitating a Living Ammonites –

Daisuke Endo

Abstract

It is very important for learners to understand a scientific law through their own experience. In this study, the hands-on exhibits were made to know as much about Ammonite biology for the visitors to the natural science museum (The Shimane Nature Museum of Mt. Sambe). The exhibits were provided with the inspiration that the swimming ammonites as cartesian divers. In this paper, we explain how to make the cartesian divers and exhibition in the museum. It was verified that the effects on better understanding about the ammonite natures and the principal of buoyancy.

Keywords : Ammonite, buoyancy, cartesian diver, hands-on exhibit.

1. は じ め に

島根県立三瓶自然館で開催された平成28年度夏期特別企画「ジュラシック・シー～海の恐竜とぐるぐるアンモナイト～」では、中生代の海で栄えたクビナガリュウやアンモナイトなどにスポットを当て、それらの生物の進化や生態について化石や模型などの展示を通して紹介した。幼児～小学校低学年の児童にもなるべく展示を理解してもらえるように、化石と合わせて生態をイメージした模型を多く配置したり、パズルや迷路、擬似発掘体験などの参加・体験型の展示を多く取り入れたりした。アンモナイトのような絶滅生物の生態を展示で伝える際には、生態の行動展示や映像などを使用することができないため、展示には一層の工夫が必要である。このような背景のもと、アンモナイトが浮力を利用して水中を漂う様子を再現したハンズオン展示「ウキウキアンモナイト」を作製した。このキットは浮沈子の原理を応用して製作されており、Seilacher and Labarbera (1995) がアンモナイトの生態を浮沈子に例えたのと、まさに逆の発想から生まれ

たものである。

ウキウキアンモナイトについては、既に同名のキットが藤田 (2010) によって製作され、地学教育の場での活用事例が報告されているが、これまでに博物館での展示に使われた例は知られていない。アンモナイトは恐竜と並んで誰もが知る古生物の代表であり、多くの自然系博物館でごく普通に展示されている化石である一方、その生態を紹介する際にはイラストやCGなどの限られた情報で紹介するのが一般的である。ウキウキアンモナイトは、アンモナイトの生態を直感的かつわかりやすく伝えるために製作された。企画展期間中の来館者アンケート調査により、ウキウキアンモナイト展示の学習効果や問題点、素材の耐久性などが明らかになったので報告する。

2. ウキウキアンモナイトの概要

化石として見つかるアンモナイトの殻の内部には、隔壁で仕切られた気室と呼ばれる部屋が連なった構造がある(図1)。アンモナイトはオウムガイなどの殻

* 島根県立三瓶自然館, 〒 694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahime), 1121-8 Tane, Sanbe-cho, Ohda, Shimane, 694-0003, Japan

を持つ頭足類と同様に、気室内に窒素を主体としたガスで満たしていたと考えられており (Boucher-Rodoni and Mangold, 1994), 最近ではアンモナイトの水中姿勢や殻の静水圧特性について3次元モデル復元による検証なども行われている (例えばNaglik et al., 2016)。殻の構造とその機能に関する研究によって、多くのアンモナイトが水中での姿勢保持に殻の浮力を利用していたと考えられている。ウキウキアンモナイトは「アンモナイトの生態に興味を持ってもらいたい」、「アンモナイトが化石になる前の姿を想像してもらいたい」という想いから誕生したもので (藤田, 2011), その特徴は浮沈子の原理を応用して、アンモナイトが海中で泳ぐ姿を再現することにある。また、本物の化石から型取りをすることで、立体的なアンモナイト型の浮きを作り再現性を高めていることも重要な点である。再現といっても細部にわたる精密かつ正確な復元ではないが、太古の昔に絶滅したアンモナイトが海の中を泳いでいた時の姿を想像したり、アンモナイトの生態を理解したりする効果があると考えている。三瓶自然館の来館者の主要な層は幼児を連れた親子であり、ハンズオン展示にすることで、難しい説明文や長い解説が無くとも直感的に仕組みを理解することができるよう工夫した。



図1 アンモナイトの殻の構造を示した模型(三瓶自然館所蔵)

3. 材料と作り方

(1) 材料

今回製作したウキウキアンモナイトの材料は「アンモナイト化石、印象材、おゆまる、鍋、水、割り箸、はさみ、重り、画鋲、容器、仕上げ用の小物」である。作り方の基本は藤田 (2011) を参考にしたが、材料にはより入手しやすく汎用性の高い素材を用いた。それぞれの材料を選ぶ際の注意点や、今回使用した素材の詳しい仕様は以下のとおりである。

- 1) アンモナイト化石：左右両側型取りができる、浮きを作った際に容器の口から出し入れしやすいサイズのものを選ぶ。今回使用した化石は化石・鉱物標本の専門店で購入した殻直径約3.5 cm の *Cleoniceras* sp. である。
- 2) 印象材：化石から雌型を作る際に使う。今回は歯科用の印象材であるエクザファイン(パテタイプ) (株式会社ジーシー製) を使用した。軟らかいため細部まで印象採得できる。
- 3) おゆまる：化石の雄型を作る際に使う。おゆまるはヒノデワシ株式会社製の低融点熱可塑性樹脂で、入手や使用の容易さから、博物館などの普及啓発イベントで使われることが多い。常温では消しゴムのような質感であるが、お湯(80°C程)に浸けると粘土のように軟らかくなり、温度が高い間に形を変えることができる。常温に冷めると元の硬さに戻るが、その後もお湯に浸けることで何度も変形を繰り返すことができる。
- 4) 鍋：一般家庭で使われている調理用のもので十分である。
- 5) 水：鍋に入る分量と、樹脂を冷やすために使う分量を用意しておく。
- 6) 割り箸：樹脂を鍋からつまみ上げる際に使う。プラスチック製の箸はおゆまるが箸にくっついて作業がしにくくなるため、木製の割り箸が良い。
- 7) はさみ：おゆまるを整形する際に使う。
- 8) 重り：アンモナイト型の浮きの重心を安定させるために使う。今回は釣り用の鉛製の重り(1 g)を使用した。使用する重りや数は浮きの大きさによって適宜調節する。
- 9) 画鋲：アンモナイト型の浮きに孔を開ける際に使う。
- 10) 容器：容器にはなるべく透明度が高く、水を入れて蓋を閉めた際に液漏れする心配が無いものを選ぶ。また、胴部分は片手で握って凹ませができる程度の柔らかい素材のものが適している。今回は株式会社サンプラテック製クリアーハードボトル500 mlを使用した。このボトルは口径φ40 mmと広いため(飲料用ペットボトルのほとんどは口径φ28 mm), 浮きの出し入れが容易であることも重要である。
- 11) 仕上げ用の小物：海中の雰囲気を演出するため、小石や貝殻、ビー玉などを用意すると良い。

(2) 作り方

1) 雌型の作成

- i) 適量の印象材を練って形を整え、硬化が始まる前に、化石の片面に押しあてて被せて、しばらく静

- 置する。
- ii) i) が硬化したら、ゆっくりと化石を取り出す（雌型の完成）。
 - iii) 化石のもう片方の面も同様に雌型を作成する。
- 2) 雄型（浮き）の作成
- i) おゆまるをお湯で温めて軟らかくする。
 - ii) 軟らかくなったおゆまるを割り箸でつまみお湯から上げて、厚さ1 mmほどのシート状に薄く伸ばす。
 - iii) ii) が冷えて硬化する前に、1) で作成した雌型にのせて型を取る。この時、薄くしすぎて孔が開いたり裂けたりしないように注意する。反対側の殻についても同様に雄型を作成する。おゆまるは80℃で軟らかくなるので、失敗したと思ったら何度もやり直しができる。
 - iv) iii) で作成した雄型のはみ出した部分をはさみで切り落とし、切り口を湯につけてわらかくしてから、もう片方の雄型をつなぎ合わせる。この時、両方の雄型の間に隙間ができないように注意する（浮き部分の完成）。
- 3) 軟体部の作成
- i) おゆまるをお湯で温めて軟らかくする。
 - ii) 軟らかくなったおゆまるをシート状に薄く伸ばし、常温で冷ます。
 - iii) ii) が冷えて硬くなったら、はさみを使って千切りの要領で適当な本数を切り、足を作る。また、好みで眼や頭巾などのパーツを作る。
 - iv) 胴体部分になるおゆまるを湯で温めて軟らかくして、中に重りを埋め込み、iii) で作った足や眼などのパーツを取り付ける。
 - v) 胴体を2) で作成した雄型に取り付けて、アンモナイト型の浮きを作る。
 - vi) 水の中にアンモナイト型の浮きを入れ、姿勢を確認する。重心が左右や前後に偏っていれば、重りの位置や重さを調節する。また浮きに孔が開いていないか確認する。もし孔が開いていれば、軟らかくしたおゆまるで孔をふさぐ。
 - vii) 浮きの下部に、画鋲で左右2箇所に孔を開ける（アンモナイト型の浮きの完成。図2）。
- 4) 浮力の調整と封入
- i) 水中でアンモナイト型の浮きをつまみ、浮きの内部に水を入れたり出したりして、浮きの上部が水面から少し出るように水の量を調節する。
 - ii) 好みで小石や貝殻などを容器に入れる。
 - iii) 水をいっぱいまで入れた容器に浮きを投入して、蓋をしっかりと閉めて密閉する。
- iv) 容器の胴部を握ったりはなしたりして、アンモナイト型の浮きが上下に動くかどうか確認する。きちんと上下に動けばアンモナイト型浮沈子「ウキウキアンモナイト」の完成。もし強く握っても浮いたままだったり、逆に沈んだままになったりする場合は浮きを取り出してi) の手順に戻り、浮き加減を調整する（図3）。



図2 アンモナイト型の浮き



図3 アンモナイト型浮沈子「ウキウキアンモナイト」
(撮影のため水の量を減らしている)

4. ハンズオン展示での実践

(1) 方法

本研究では、ウキウキアンモナイトを企画展期間中の一定期間（8月9日～9月25日）にハンズオンコーナーに展示した（図4）。コーナーの内容はウキウキアンモナイトと魚型の浮沈子（弁当用の醤油差しの口にナットを取り付けたもの）、イラストと簡単な文章で説明したパネル（図5）、アンケート用紙（図6）で構成されている。企画展全体の内容や解説文については、小学生にも理解できる難易度を目指したが、これはハンズオンコーナーも同様である。展示による学習

効果を測るためのアンケート項目は「①アンモナイトが生きていた様子をイメージできましたか?」「②アンモナイトの殻のしくみを理解できましたか?」「③浮力のしくみを理解することができましたか?」の全3問で、これらに対して、「よくできた」、「まあまあできた」、「あまりできなかった」、「まったくできなかった」の4つから回答を選択するようにした。

また、浮沈子はその原理上、浮きの中に水が出入りすることで浮き沈みするものである。そのため、水の



図4 ハンズオンコーナーの様子

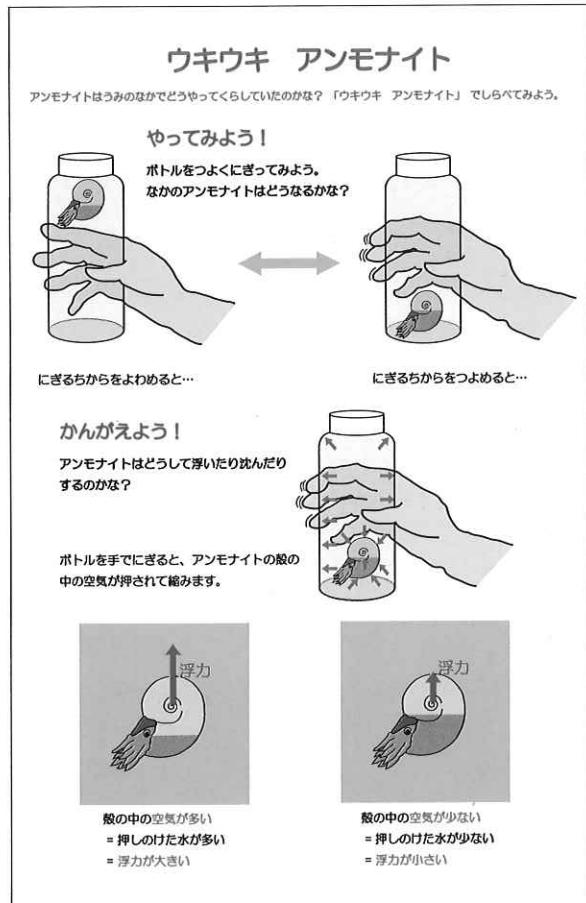


図5 ウキウキアンモナイトの説明パネル

出入りが繰り返されるうちに浮きに水が入りすぎると、浮力のバランスが崩れて沈んだままになってしまう。そのような状態になった場合は、容器から浮きを取り出して再度浮力を調整しなければならない。展示物としての耐久性を検討するため、どれくらいの期間及び使用頻度で再調整や修理が必要になるのか検証した。具体的には、毎日数時間おきに展示室を巡回して様子を確認し、不具合（主に浮力減少による浮沈子の沈滞）が見つかれば対処するという方法を取った。実際の体験回数や人数を正確に計測することは困難なため、今回は展示期間中の来館者数を体験回数として仮定している。

(2) 結果及び考察

1) 展示における学習効果

アンケートの結果を図7に示す。「①アンモナイトが生きていた様子をイメージできましたか?」という問い合わせに対して、「よくできた」または「まあまあできた」と回答した。人の割合は78%だった。続いて「②アンモナイトの殻のしくみを理解できましたか?」という問い合わせに対しては、76%の人が「よくできた」または「まあまあできた」と回答した。さらに「③浮力のしくみを理解することができましたか?」という問い合わせに対して、同様に73%が「よくできた」または「まあまあできた」と回答した。一方で、企画展全体の展示について、展示内容が「わかりやすかった」または

| ウキウキアンモナイト アンケート | | | |
|-----------------------------|---------|-----------|------------|
| ①アンモナイトが生きていた様子をイメージできましたか？ | | | |
| よくできた | まあまあできた | あまりできなかった | まったくできなかった |
| ②アンモナイトの殻のしくみを理解できましたか？ | | | |
| よくできた | まあまあできた | あまりできなかった | まったくできなかった |
| ③浮力のしくみを理解することができましたか？ | | | |
| よくできた | まあまあできた | あまりできなかった | まったくできなかった |

図6 アンケート用紙

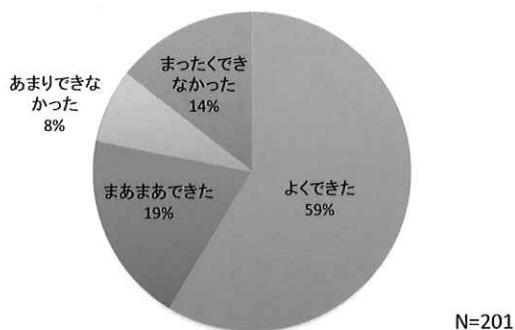
「どちらかといえばわかりやすかった」と回答した割合は合計で88 %であった。また、質問①～③について、「まったくできなかった」という回答は13～16 %あった。これは企画展全体で内容が「難しかった」と回答した割合が6 %だったことに比べて明らかに高かった。

質問①および②のアンケート結果から、7割以上の人人がアンモナイトの水中での姿勢や殻の仕組みについて、ハンズオン展示を通して理解できたと捉えることができる。三瓶自然館の来館者層の大半は幼児～小学生とその両親や祖父母である。また、未就学児もかなりの数を占めていることを考慮すれば、今回の結果は非常に高い理解度といえる。企画展ではアンモナイトが水中を泳いでいるイラストやCG映像なども展示に使用したために、相乗効果が働いてこのような高い理解度につながったと考えられる。これらアンモナイトの生態に関する内容については、展示から直感的に理解できたといえるだろう。しかしながら、質問③は上記2間に比べてやや理解度が低かった。現行の小中学校の学習指導要領では、圧力や水圧については小学校理科第4学年の「空気と水の性質」において学習する

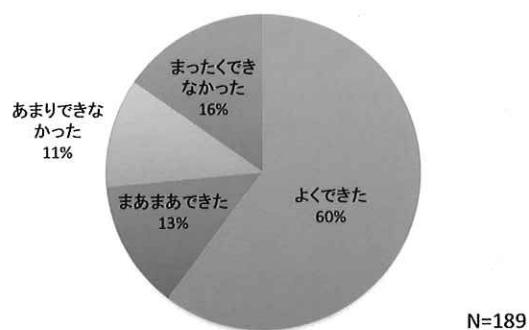
が、「浮力」という言葉や概念を学ぶのは中学校理科第1学年である(2015, 文部科学省)。いずれも日常生活の中で接する機会の多い物理現象であるが、理解度が低かった原因としては浮力という概念そのものを展示から理解しづらかったことが考えられる。これについては、海やプールで使う浮き輪などのより身近な例を挙げるなどして、浮力の解説に工夫を凝らすことが必要であろう。

2) 展示物としての耐久性

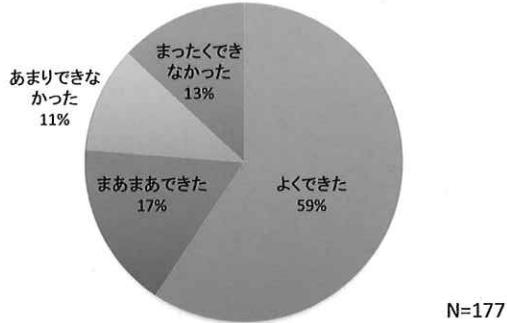
ウキウキアンモナイトを展示した期間は平成28年8月9日～9月25日の45日間(休館日を除く)である。展示ではウキウキアンモナイト2本(A, B)を並べて置き、また魚型のタレびんで作った浮沈子(以下、魚型浮沈子)も2～3本置いた。魚型浮沈子についてはケニス株式会社の「楽しく動く魚の浮沈子」(<https://www.kenis.co.jp/solution/experiment/physics/002.html#top>)を参考にした。展示期間中は毎日約1時間おきに展示室を巡回し、ボトルが裂けたり浮きの浮力バランスが崩れたりした際には直ちに交換・調整を行うことで対応した。展示開始から終了までの結果を表



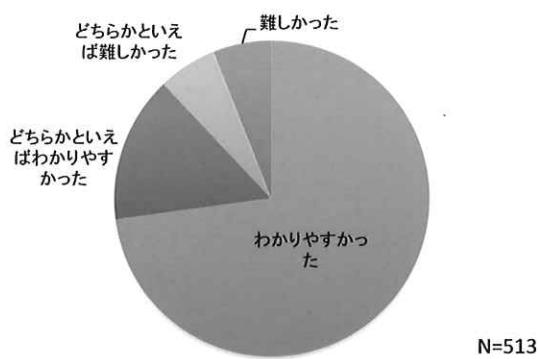
①アンモナイトが生きていた様子をイメージできましたか?



③浮力のしくみを理解することができましたか?



②アンモナイトの殻のしくみを理解できましたか?



企画展の内容はいかがでしたか?

図7 アンケート集計結果

1に示す。表のなかで入館者数と記載しているのは三瓶自然館の入口を通過した人数である。注意してほしいのは、入館者の全員がハンズオン展示を体験しているわけではないという点である。入館者のうち実際に何人が展示を体験したのかについては記録を取っていないため正確な数字はわからない。よって入館者数に

ついてはあくまで参考値として捉えていただきたい。

まずボトル（容器）の耐久性について検討してみると、Aでは入館者数が18,000～23,000人程度に達した時点での底部に破損が起き、Bでは同じく33,000人程度で破損した。平均するとおよそ25,000人の入館があった時点でボトルが破損したと考えることができ

表1 ウキウキアンモナイトの展示期間と入館者数

| 日付 | ウキウキアンモナイトA | ウキウキアンモナイトB | 入館者数 |
|------------|-----------------------|-------------|--------|
| 2016年8月 9日 | ウキウキアンモナイトA, Bともに展示開始 | | 657 |
| 2016年8月10日 | | | 817 |
| 2016年8月11日 | | | 1,854 |
| 2016年8月12日 | | | 1,497 |
| 2016年8月13日 | | | 2,563 |
| 2016年8月14日 | | | 3,261 |
| 2016年8月15日 | | | 2,476 |
| 2016年8月16日 | | | 2,090 |
| 2016年8月17日 | | | 1,025 |
| 2016年8月18日 | | | 769 |
| 2016年8月19日 | | | 658 |
| 2016年8月20日 | | | 1,190 |
| 2016年8月21日 | | | 1,638 |
| 2016年8月22日 | | | 536 |
| 2016年8月23日 | | | 659 |
| 2016年8月24日 | | | 521 |
| 2016年8月25日 | ボトル底部が裂け、ボトルを交換 | | 567 |
| 2016年8月26日 | | | 692 |
| 2016年8月27日 | | | 844 |
| 2016年8月28日 | | | 1,303 |
| 2016年8月29日 | | | 200 |
| 2016年8月30日 | | | 249 |
| 2016年8月31日 | | | 117 |
| 2016年9月 1日 | | | 340 |
| 2016年9月 2日 | | | 95 |
| 2016年9月 3日 | | | 667 |
| 2016年9月 4日 | | | 958 |
| 2016年9月 5日 | | | 94 |
| 2016年9月 7日 | | | 141 |
| 2016年9月 8日 | | | 188 |
| 2016年9月 9日 | アンモナイトが沈み、浮力を調整 | | 421 |
| 2016年9月10日 | | | 799 |
| 2016年9月11日 | | | 1,283 |
| 2016年9月12日 | | | 289 |
| 2016年9月14日 | アンモナイトが沈み、浮力を調整 | | 184 |
| 2016年9月15日 | | | 901 |
| 2016年9月16日 | | | 600 |
| 2016年9月17日 | ボトル底部が裂け、ボトルを交換 | | 673 |
| 2016年9月18日 | | | 1,900 |
| 2016年9月19日 | | | 1,393 |
| 2016年9月21日 | | | 180 |
| 2016年9月22日 | | | 1,211 |
| 2016年9月23日 | | | 265 |
| 2016年9月24日 | | | 1,020 |
| 2016年9月25日 | ボトル底部が裂け、展示終了 | 展示終了 | 1,227 |
| 入館者数(45日間) | | | 41,012 |
| 1日当たりの入館者数 | | | 911 |

る。いずれの際も、破損したボトルを新しいものに交換することでもとの状態に戻り、中の浮沈子の浮力を調整する必要は無かった。続いて浮きについて検討してみると、Aでは入館者数が31,000人程度で、Bでは29,000人程度でそれぞれ浮力の再調整が必要になった。平均すると30,000人程度の入館があった時点で浮力の再調整が必要になったと解釈できる。ここで注目したいのは、いずれのボトルのウキウキアンモナイトも1ヶ月間以上浮力の再調整を必要としなかったことである。魚型浮沈子については、半日～1日程度で沈んだままの状態になり、ほぼ毎日浮力の調整をする必要があった。すなわちウキウキアンモナイトは魚型浮沈子に比べて日常的なメンテナンスの手間が大幅に少なかった。同じ原理の浮沈子であるのに両者の間でこれほど大きな違い、すなわちウキウキアンモナイトが魚型浮沈子に比べて安定して浮力を維持していた原因については浮きの内部に水が出入りするための孔の大きさが影響していると考えられる。ウキウキアンモナイトの孔は ϕ 0.5 mm以下であり、たとえボトル内で浮きがひっくり返っても、浮きの内部に水が容易には入りにくい構造になっている。一方で、今回使用した魚型浮沈子の孔（タレびんの口の部分）は ϕ 3 mmほどで、ウキウキアンモナイトに比べると浮きの内部に水が入りやすい。いずれも浮きが水中で安定した状態で孔が下向きになるよう、重りで姿勢を調整しているが、実際に展示をしてみると、体験者がボトルを逆さまにしたりぐるぐる振り回したりする姿を頻繁に目にした。このような扱いをすると、魚型浮沈子ではたちまち浮きに水が入ってしまい、すぐに浮力のバランスが崩れてしまうことがわかった。それに比べて、ウキウキアンモナイトは相当乱暴な扱い方をしない限りは、長くハンズオン展示として楽しめることができた。

5. まとめ

本研究では、アンモナイトが泳ぐ姿を浮沈子で再現したウキウキアンモナイトを作成し、様々な年代の見学者が訪れる博物館において、ハンズオン展示として

の学習効果や耐久性を検証した。その結果、本展示はアンモナイトの生態や浮力の原理の理解に有効であることが示され、また、数ヶ月程度に期間を限定した場合には、十分な耐久性があることが示された。

科学的な現象や理論を理解するには、限られた情報源による事実の記憶だけでは不十分である。自然科学系博物館では、静置された標本や資料を「見て学ばせる」従来の展示から、「手で触れたり、装置を動かしたりする」体験を伴った展示が増えつつある。展示を製作する者として、これからも見学者の知的好奇心を刺激するような展示を作れるよう努めていきたい。

謝 辞

公益財団法人深田地質研究所の高木孝枝氏にはウキウキアンモナイトに関する文献を送っていただきいた。この場を借りてお礼申し上げる。なお本研究には平成28年度全国科学博物館活動等助成事業助成金（交付番号16012）の一部を使用した。

引 用 文 献

- Boucher-Rodoni, R. and Mangold, K. (1994) Ammonia production in cephalopods, physiological and evolutionary aspects. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. Vol. 25, pp. 53-60.
- 藤田勝代 (2010) アンモナイト関連の学習コーナー、深田研一般公開2010の開催. 深田研ニュース, No. 111, pp.2-3.
- 藤田勝代 (2011) 作って楽しむウキウキアンモナイト－アンモナイト型の浮沈子を用いた地学教育の試み－. 深田地質研究所年報, No.12, pp. 25-30.
- 文部科学省 (2015) 小学校学習指導要領. pp. 108.
- 文部科学省 (2015) 中学校学習指導要領. pp. 110.
- Naglik, C., Rikhtegar, F. & Klug, C. (2016) Buoyancy of some Palaeozoic ammonoids and their hydrostatic properties based on empirical 3D-models. *Lethaia*, Vol. 49, pp. 3-12.
- Seilacher, A. and Labarbera, M. (1995) Ammonites as Cartesian Divers. *PALAIOS*, Vol. 10, No. 16, pp.493-506.