

海・人・自然

東海大学博物館研究報告



No. 14
2018

**Science Reports of
The Museum, Tokai University**

海・人・自然

東海大学博物館研究報告

Science Reports of
The Museum, Tokai University

No.14

2018年3月

東海大学海洋学部博物館

Museum of
Scholl of Marine Science and Technology,
Tokai University

海・人・自然
東海大学博物館研究報告

No. 14

2018年3月

目 次

[原著論文]

- 太平洋北西縁の島弧の地質と、大規模隆起と海水準上昇によるそれらの形成
—駿河湾の形成— 1
柴 正博
- 三保半島真崎の大地はいつできたか—ボーリング試料中の有孔虫化石解析に
よる後氷期の堆積環境の変遷—21
柴 正博・永澤広紀
- 水槽内におけるミヤコイシモチ*Ostorhinchus ishigakiensis*の繁殖と育成35
長谷部阿由美
- 小学校の理科教育に資する海洋教育を活用した教育プログラムの開発45
伊藤芳英
- [資 料]
- 魚類標本の作製と登録に関わる博物館ボランティアの初期教育65
野口文隆・岸本浩和・富山晋一
- 東海大学博物館研究報告投稿規定81

Science Report of the Museum, Tokai University

No. 14

March, 2018

Contents

[Articles]

- Geology of the Arc in the Northwestern Margin of the Pacific Ocean and their Formation by Large-scale Uplift of the Arc and Sea Level Rise; Formation of Suruga Bay 1
Masahiro SHIBA
- When Did Masaki of the Miho Peninsula Become Land? ; Transitions of Sedimentary Environments during the Post Glacial Period Inferred from Analysis of Foraminiferal Fossils in Boring Samples21
Masahiro SHIBA and Hironori NAGASAWA
- Reproductive Behavior, Larval Development and Rearing of Captive Cardinalfish, *Ostorhinchus ishigakiensis* (Ida and Moyer) in the Tank35
Ayumi HASEBE
- Development of the Educational Program that Utilizes Marine Education that Contributes to Science Education at Elementary School45
Yoshihide ITO
- [Materials]
- Initial Education for Volunteers Who Assist with the Fish Collection Building in the Museum65
Fumitaka NOGUCHI, Hirokazu KISHIMOTO and Shinichi TOMIYAMA
- Guide of Preparing Manuscripts81

太平洋北西縁の島弧の地質と, 大規模隆起と海水準上昇によるそれらの形成 —駿河湾の形成—¹⁾

柴 正 博²⁾

Geology of the Arc in the Northwestern Margin of the Pacific Ocean and their Formation by Large-scale Uplift of the Arc and Sea Level Rise; Formation of Suruga Bay¹⁾

Masahiro SHIBA²⁾

Abstract

Suruga Bay, the deepest bay in Japan, has been formed by large-scale uplift with thrust faults and absolute rises of the sea level about 1,000 m since ca. 400 ka. In order to form a stratum, it is necessary to uplift of the crust and absolute elevation of the sea level, which means the Micro-Expanding Earth. In the Jurassic period, the sea level was 5,000 to 6,000 m lower than the present. After that the strata and the topography were formed due to uplift of the crust and rising sea level by the eruption of the flooded basalt at the ocean floor. From the Cretaceous, the plutonic igneous activity and the uplift of the continental margin of the Pacific Rim began. In the Late Miocene, the arc began to be formed by uplift of the crust, ultimately the present topography has been formed by large-scale uplift and the sea level risen about 1,000 m since ca. 400 ka.

はじめに

私は最近「駿河湾の形成—島弧の大規模隆起と海水準上昇」(柴, 2017) という本を出版した. この本は, 私の地質学研究の集大成であるとともに, 地域の自然史博物館の学芸員として地域の地質を理解して地域の人達にそれを普及するという目的のもとに, 東海大学海洋学部の学生とともに駿河湾とその周辺地域の地質について私が研究してきた成果を公表したものである. この本は, 駿河湾の形成を中心に現在の地形がどのように形成されたかということ, その形成に関与した島弧の大規模隆起と海水準上昇について焦点をあてて著したものである. 本稿はこの本の内容の一部を要約したものであり, 特に太平

洋北西縁の島弧, すなわち日本列島の地質の形成が島弧の大規模隆起と海水準上昇によってどのようにおこなわれてきたかを示したものである.

駿河湾は太平洋北西縁の日本列島という島弧の中央に位置する(図1). 駿河湾は日本一深い湾であり, その最大水深は湾口で約2,500mで, 三保半島の東の湾奥でも1,500mの水深がある. 駿河湾の海底には, その中央に南北方向に直線的にのびる深く幅の狭い溝地形があり, この海底の谷は一般に「駿河トラフ」とよばれている(海上保安庁, 1994). しかし, 「トラフ」とは本来「銚い葉桶」や「バスタブ」のような形の舟状海盆などに用いる用語であり, この谷の地形はそれとは異なることから, 本稿では星野ほか(1982)にしたがい「駿河湾中央水道」とよぶ(図2).

¹⁾ 東海大学自然史博物館研究業績 No. 86.

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No. 86.

²⁾ 東海大学自然史博物館 〒424-8620, 静岡県静岡市清水区三保2389

Natural History Museum, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8620, Japan

駿河湾は、本州の中央を縦断するフォッサマグナの西縁部にあり、東側に伊豆半島、北側に富士山、北西側に日本最大の隆起量をほこる赤石山脈（南アルプス）がある。そして、その位置はいわゆるフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界とい

われ、駿河湾がどのように形成されたかを解明することは、地質学の第一級の研究テーマとなっている。また、駿河湾とその周辺の山地がどのように形成されたかということは、駿河湾だけの話ではなく、日本列島という島弧全体の形成過程にかかわることで

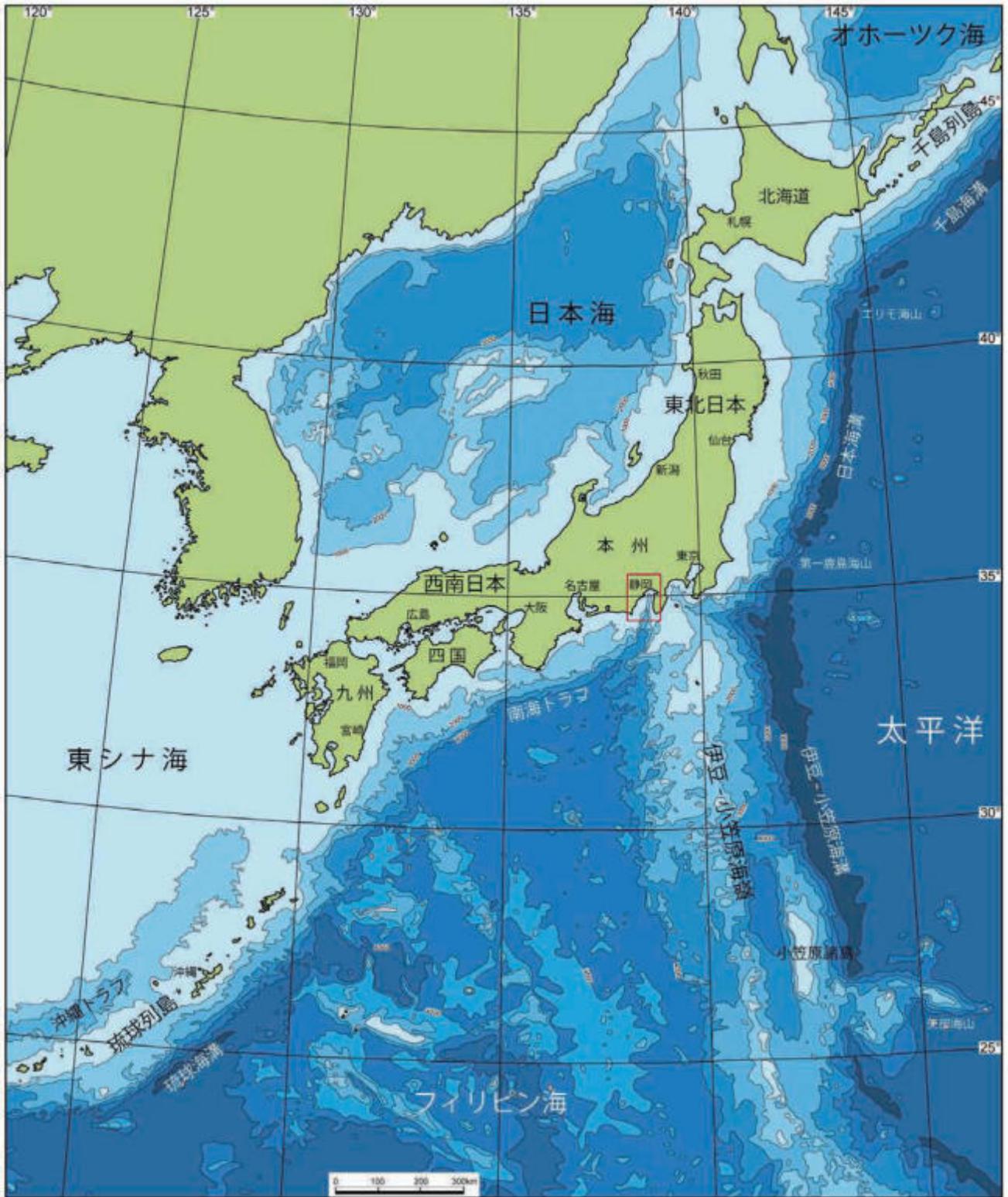


図1 日本列島とその周辺の海底地形（地質調査所，1982）．赤の□は駿河湾の位置（図2）．日本列島は北西太平洋の西側にある島弧で南側には伊豆—小笠原弧が接続している．

あり、ひいては地球全体の大陸と海洋底がどのように形成されてきたかということにつながる。

駿河湾の形成

駿河湾の伊豆半島側の海底は、内浦湾をのぞいて駿河湾中央水道に向って緩やかに傾斜するほぼ一様の陸側斜面からなり、大陸斜面上部には何段かの段丘状の地形が認められる。駿河湾中央水道の西側には石花海堆があり、石花海堆と駿河湾西岸の大陸斜

面との間に約900mの深さの石花海海盆がある。駿河湾の中央奥から西側の海岸には、赤石山脈から流れる富士川や安倍川、大井川という大きな河川の河口があり、それらのファンデルタはそれぞれその東側の海岸に伸びる砂嘴を形成している。駿河湾の大陸棚は、湾奥～伊豆半島側では内浦湾を除いて狭く、西岸側では安倍川河口付近と大井川河口～御前崎周辺でやや幅広く、御前崎沖には御前崎海脚が南東方向に伸びている。

駿河湾西岸の静岡平野南側には有度丘陵があり、

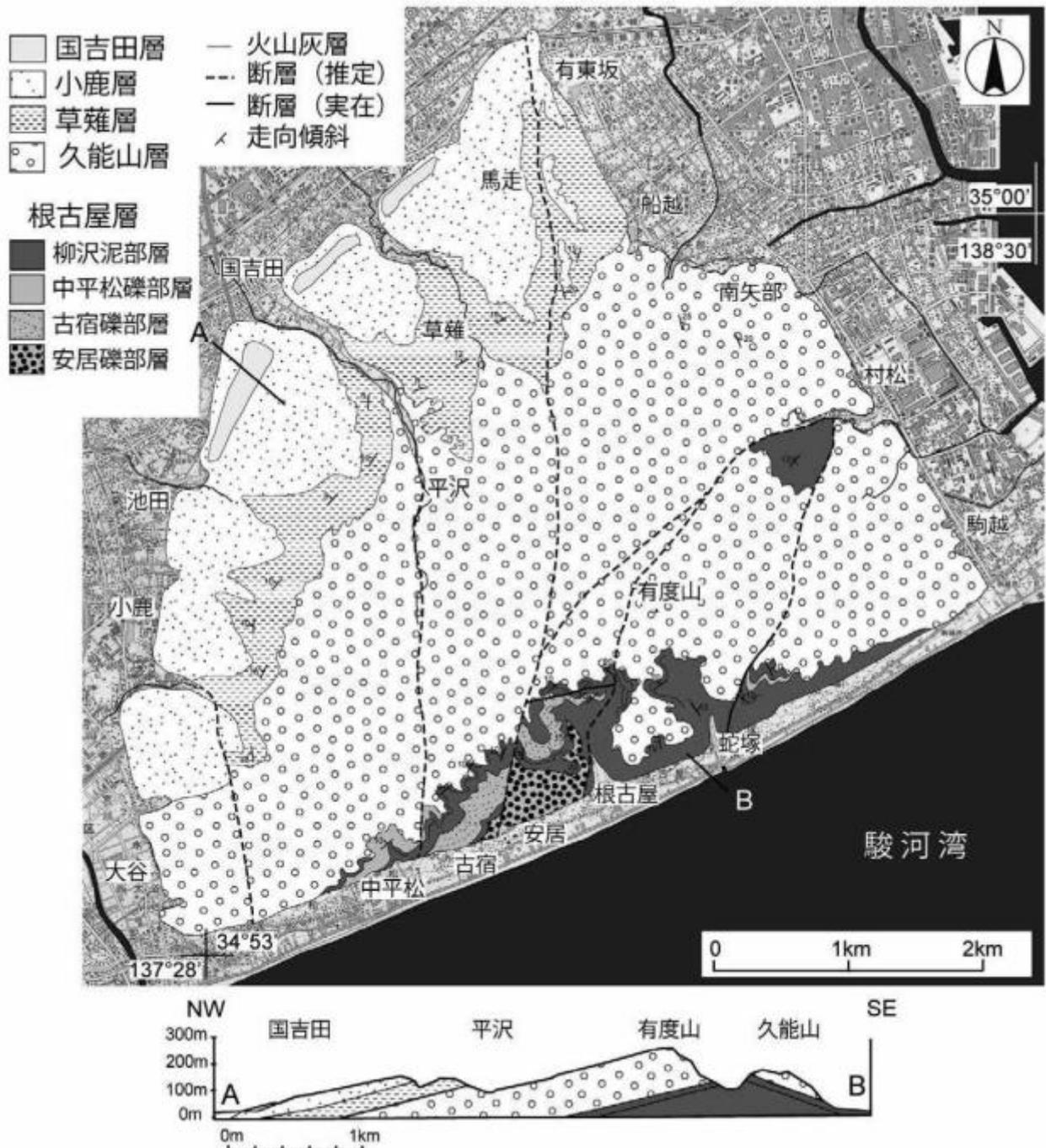


図3 有度丘陵の地質図と地質断面図.

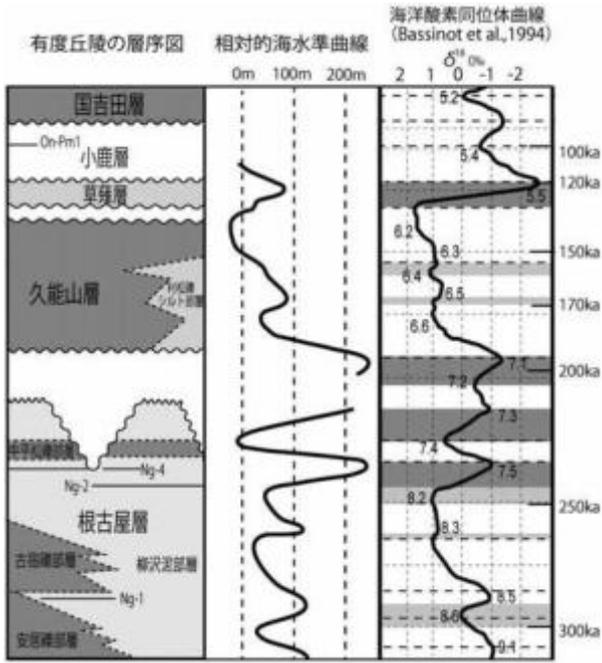


図4 根古屋層から草薙層にかけての海水準曲線と酸素同位体比曲線。層序図は柴ほか(2012)を一部修正。その中のNg-1などは火山灰層の層準。海洋酸素同位体曲線の8.2などの数字は海洋酸素同位体ステージ(MIS)の番号。Ka: 1000年前。

これは約30万年前以降に形成されたファンデルタが隆起したものである。有度丘陵は四つの地層が重なって構成されていて、それらは下から根古屋層、久能山層、草薙層、小鹿層に分けられる(土, 1960)。これらの地層は、その層相や広域火山灰層の時代などにより、今から約30万~10万年前に海底や河川で堆積した泥や礫の地層と考えられる(近藤, 1985)。図3に有度丘陵の地質図と地質断面図を示す。

有度丘陵を形成したファンデルタは安倍川の河口に形成され、それは6回のファンデルタの発達と6

回の海水準上昇によって形成された(図4)。有度丘陵の相対的の海水準曲線は、この時代に起こった大規模な隆起を考えると、隆起量と海水準上昇量の変化によりつくられた見かけの海水準変動曲線となる。すなわち、海水準の下降は隆起量の増大であり、海水準の上昇はそのまま海水準の急激な上昇にほかならない。そのため、その時の絶対的の海水準上昇の累積は900mにおよぶ。すなわち、根古屋層から草薙層までの地層が堆積した約30数万年前~12万年前までの約20万年間で、海底も含めて大地は隆起し海水準は900m以上上昇したと考えられる(柴, 2016a)。

駿河湾の中央西側にある石花海堆の頂上にも、ファンデルタの礫層(焼津沖層群下部層)が分布し、その頂上の礫層は安倍川から供給されたものであり(柴ほか, 1991)、それは約40万年前以降のものである(図5-A)。このことから、石花海海盆は約40万年前以降に海水準に対して相対的に900m沈降して形成されたと考えられる。また、伊豆半島の大陸斜面(水深1,650m)には侵食不整合があることから(図5-B)、伊豆半島の大陸斜面は鮮新世後期から更新世前期の間に陸上であったと考えられる(小山ほか, 1992)。そして、伊豆半島の大陸斜面は約40万年前以降に約1,000m相対的に沈降したと考えられる。

有度丘陵の地層と駿河湾の地形の形成過程から、石花海堆と駿河湾の両岸の大陸斜面は40万年前以降に隆起し、そして同時に海水準は約1,000m段階的に上昇したと考えられる。その結果、石花海海盆は沈水し、石花海堆は孤立した。すなわち、駿河湾は約40万年前以降に起こった島弧の大規模な隆起運動と約1,000mの絶対的の海水準上昇によって形成された

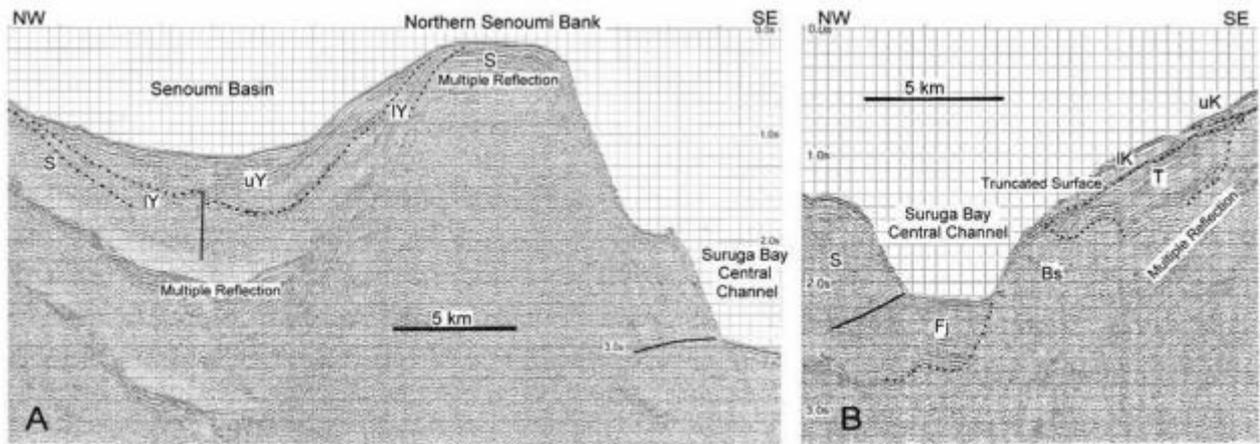


図5 駿河湾の海底の音波探査記録(岡村ほか, 1999)。A: 石花海北堆を横切る北西-南東方向の断面。B: 伊豆半島側の大陸斜面を横切る北西-南東方向の断面。S: 石花海層群, IY: 焼津沖層群下部層, uY: 焼津沖層群上部層, Fj: 富士川沖層群, IK: 賀茂沖層群下部層, uK: 賀茂沖層群上部層, T: 土肥沖層群, Bs: 基盤。

と考えられる。この今から約40万年前以降に起こった島弧の大規模な隆起運動と約1,000mの絶対的な海水準上昇が起こった変動を、「有度変動」(柴, 2016a)とよぶ。

石花海堆は、その頂上に約40万年前以降の堆積物をもつが、その堆のほとんどは約180万年前から40万年前の安倍川のファンデルタ堆積物からなり、それは石花海層群とよばれる。安倍川の河口に石花海

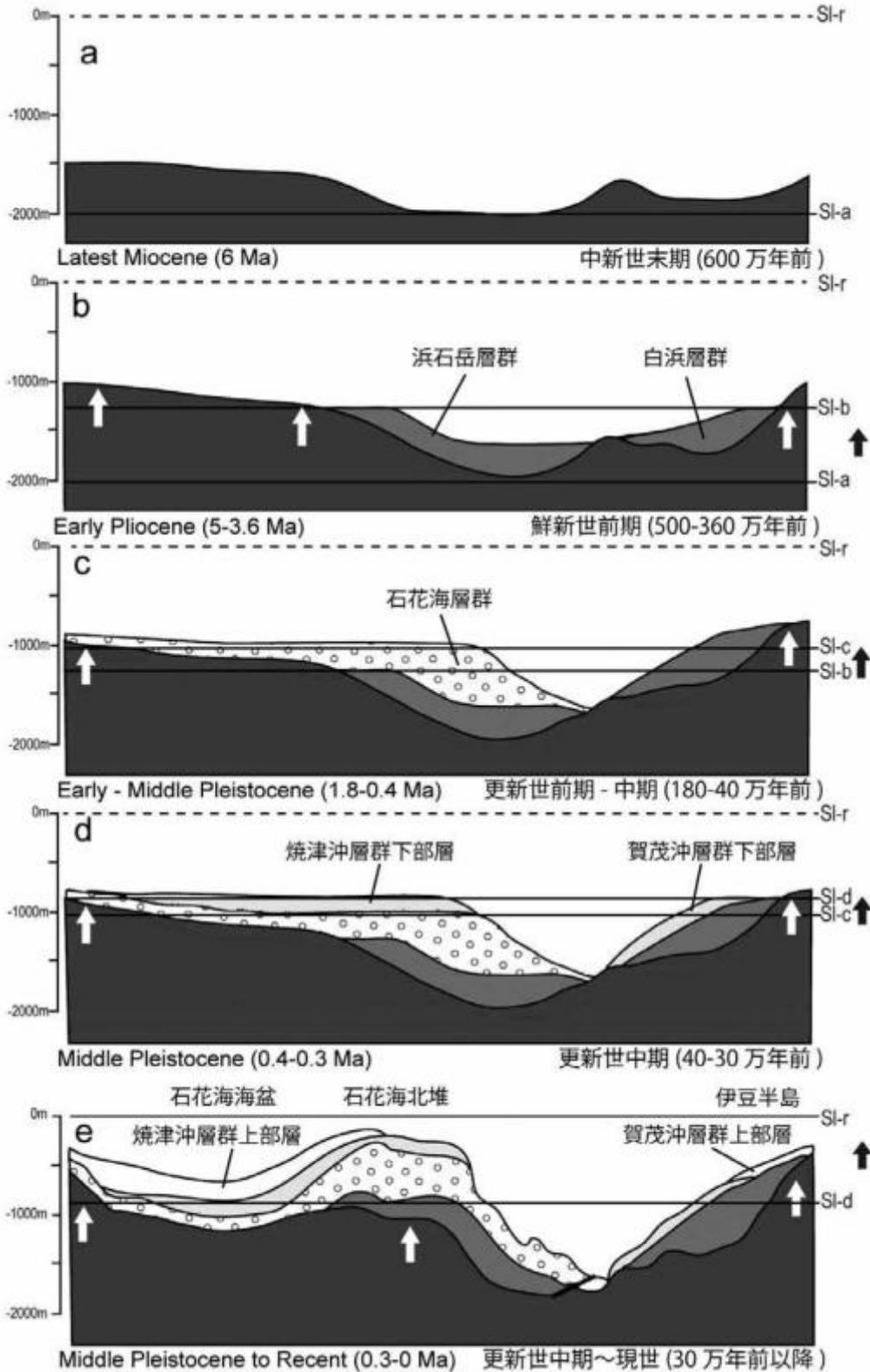


図6 駿河湾の形成をその地形断面で時代ごとにあらわしたモデル。SIは海水準でSI-rは現在の海水準をあらわす(柴, 2016aを一部修正)。

層群が堆積していた時代に、富士川の河口には庵原層群が、大井川の河口には小笠層群というファンデルタの堆積物が形成された。この時代にも、赤石山脈が大規模に隆起し、島弧の大陸斜面が埋積されて陸地が拡大した。また、その最後の時代に中国大陸と陸続きになり、日本列島の現在の生物が移住した。この大規模な隆起の時代を本稿では「小笠変動」(柴, 2016a) とよぶ。

今から約600万年前の中新世後期の末期に、海水準は現在より2,000m低く、駿河湾の北部は陸上だった(星野, 1973; 図6-a)。約500万年前の鮮新世になると伊豆半島と駿河湾西岸の陸塊は隆起したが、海水準も上昇したため、伊豆半島では浅海域に白浜層群が堆積し、西側の幅のせまい南北に長いトラフには浜石岳層群が堆積した(図6-b)。鮮新世後期から更新世前期にかけて駿河湾西岸と伊豆半島の隆起は継続していて、駿河湾の両岸には陸地がひろがり、中央部西側に湾入があった。

今から約180万年前に伊豆半島の北側には海が侵入したが、伊豆半島とその海底斜面のほとんどは陸地だった。そのとき、駿河湾の西側は海底で、大規模に隆起した赤石山脈から安倍川によって運ばれた土砂によってファンデルタが形成され、海底を埋め立てて今から約40数万年前には駿河湾西部にひろく扇状地が形成された(図6-c)。その駿河湾西岸の海底を広く埋め立てられた堆積物が石花海層群にあたる。同じ時期に、駿河湾奥部では庵原層群の蒲原層のファンデルタが形成されていた。

そして、約40万年前から新しい時代になると、安倍川のファンデルタの形成により石花海堆の山頂の地層を堆積させた(図6-d)。ひきつづき起こった駿河湾両岸の陸側と石花海堆の隆起、それと並行して起こった約1,000mにおよぶ海水準上昇によって、石花海海盆は東側から西側に段階的に沈水して、石花海堆は孤立した。約30万年前には、有度丘陵の沖合に南西から北東に傾く安倍川のファンデルタが形成され、現在の有度丘陵の場所に礫層や泥層が堆積しはじめた。その堆積後も有度丘陵の南側はさらに上昇して北西側に傾く丘陵が形成された。その結果、石花海堆と駿河湾海底谷は、段階的な海水準上昇と隆起からとり残されて深い海底となった(図6-e)。伊豆半島西岸の大陸斜面上部の段丘状の平坦地形は、この約1,000mの段階的な海水準上昇によって形成された海岸地形が沈水したものと考えられる。

駿河湾西岸の地質構造と地形形成

駿河湾の基本的な形成過程については前述したが、駿河湾とその周辺の地質構造と現在の地形がどのように形成したかについて検討する。図7に駿河湾も含めた駿河湾周辺の地質図をしめす。

駿河湾西岸の地質の分布と地質構造については、安倍川にそってある糸魚川—静岡構造線(十枚山構造線)を境に西側には四万十帯に含められる古第三紀の地層である瀬戸川層群が分布し、その東側には西側から東側に順に、竜爪層群、静岡層群、浜石岳層群、庵原層群が分布し、それぞれが衝上断層によって境されて東側に新しい地層(層群)が分布する。

糸魚川—静岡構造線の西側の赤石山脈の南側山麓から海岸地域には、倉真層群や西郷層群、大井川層群などの中新世前期～中期の地層と、その南側に相良層群や掛川層群、そして小笠層群など中新世後期～更新世中期の地層が分布する。そして、それらの地層は西にいくほど新しく、その堆積物はほとんどが大井川によってもたらされた。

また、大井川を境にしてその東側には相良層群と掛川層群に相当する地層が分布せず、海底には小笠層群に相当する石花海層群が分布する。そのことから、相良層群と掛川層群が堆積した時代には、その東側の現在の大井川河口地域が隆起していたと考えられる。そして、小笠層群が堆積したとき、菊川から御前崎を通る北北西—南南東方向の隆起帯(御前崎隆起帯)が形成され、大井川の河口はその南西麓に開き、それまで隆起の中心だった現在の大井川河口地域は御前崎隆起帯に対して隆起量の小さい地域となったと考えられる。

同じように、石花海層群が堆積したとき、有度丘陵とその北側の山地が隆起帯となり、安倍川の河口はその南西麓に開いて、現在の大井川河口地域から石花海南堆付近までが堆積盆地となった。すなわち、小笠層群の堆積時の更新世前期～中期(180万～40万年前)には、それまで隆起地域だった現在の大井川河口地域は隆起量の小さな(非隆起)地域となり、安倍川の堆積物が堆積するところとなった。その隆起と非隆起の境界は現在の大井川下流にそったところで、その南側への延長は御前崎海脚の東側の縁にそって連続すると考えられ、これを「大井川構造線」とよぶ。

なお、有度丘陵とその北側の山地の隆起帯は、そ

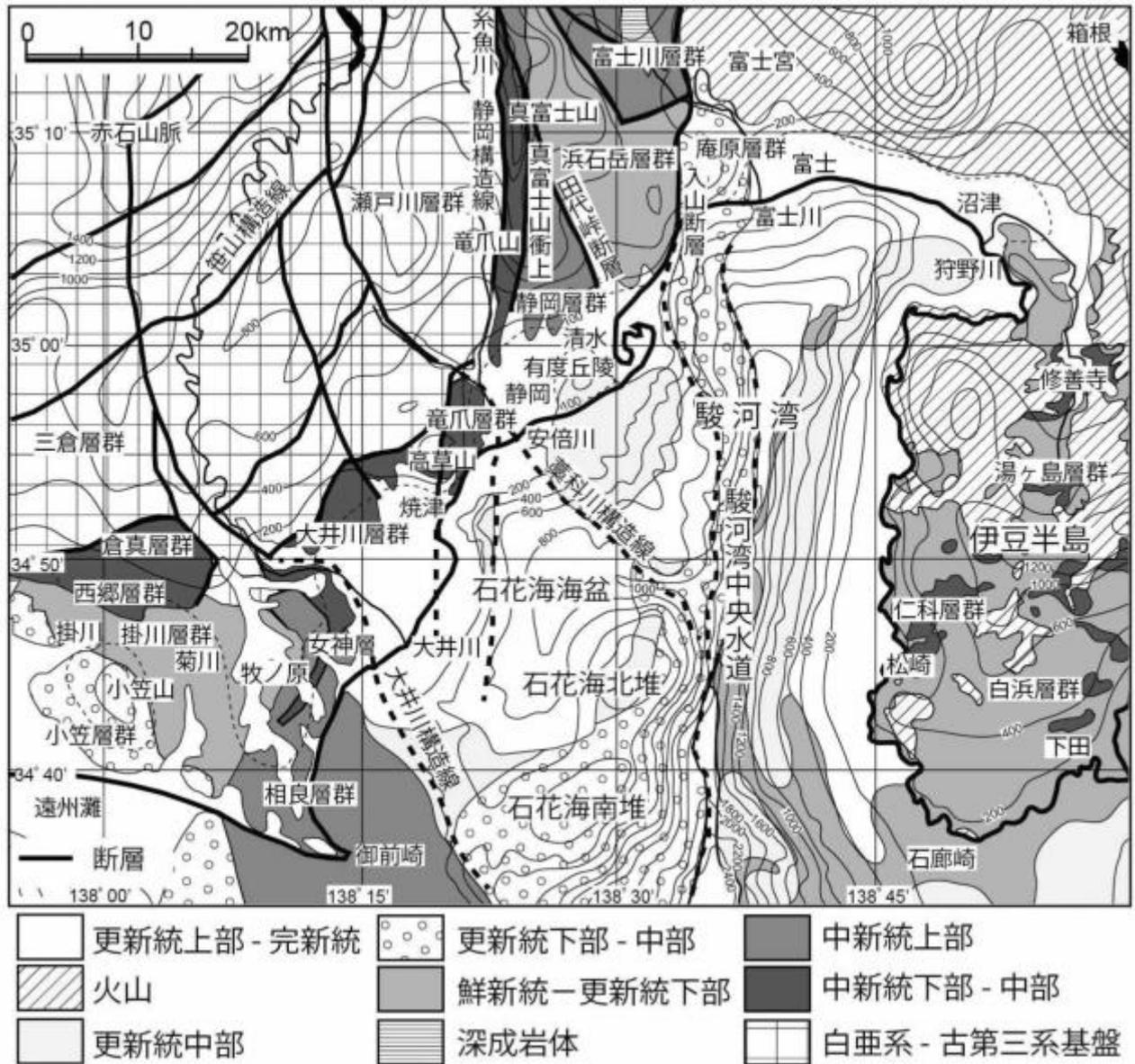


図7 駿河湾とその周辺の地質図と構造線 (柴, 2017).

の東側の縁が入山断層で境され、西側の縁はわらしな葦原川にそって北西—南東方向にのびる大井川—おおからまつ大唐松断層の南側の延長にあたる「葦原川構造線」で区切られると考えられる。このような北北西—南南東方向と北西—南東方向の二つの隆起帯によって、駿河湾西岸の更新世前期～中期の堆積盆地は規制されている。

小笠層群に相当する地層の上位にあたる、今から約40万年前以降の有度丘陵の根古屋層に相当する大井川の堆積物の地層は、大井川河口の南西側にある高根山と坂部原に分布する礫層がそれにあたり、それらは石花海海盆の南部にも分布する。根古屋層やこれらの礫層を堆積させたファンデルタが形成された時代には、北北東—南南西方向の石花海堆が隆起して、石花海海盆が形成された。

牧ノ原台地の古谷層と牧ノ原層などが堆積したとき、そこは入江や河床であったことから、現在の大井川河口の東側は相対的にその西側より隆起していたことになる。しかし、その後大井川河口の西側の御前崎隆起帯が牧ノ原台地をのせて隆起し、大井川はその東側に移り、現在の流路をとることになった。このように、隆起帯はつねに同じ場所ではなく、それぞれの時代で変化して、相対的に低いところ(非隆起地域)に河川の流路と堆積地域がつくられる。

現在の地形を見ると、隆起量が大ききところが山地や丘陵、岬となっていて、隆起量が小さいところに扇状地や低地、また海底など堆積の場になっている。すなわち、現在の地形の高低差は各地域での隆起量の差によって生じている。

地層の形成と海水準上昇

私たちは地層から過去の地質時代の記録を知ることができる。しかし、その地層はどのように形成されたのであろうか。また、地層はなぜ現在も存在し、そして海底で形成されたものが陸上でも観察できるのであろうか。

地層が形成されるためには、それが陸源性の地層であれば、まずその地層を構成する泥や砂、礫などの①碎屑物の供給が必要である。そして、それが堆積するための②堆積空間が用意される必要があり、そしてそれが③保存され累積されて地層が形成される。

①の碎屑物の供給には、供給河川が必要であり、それは後背地の相対的隆起（または海水準の相対的下降）を意味する。②の堆積空間の形成と③の地層の累積には地殻の相対的沈降（または海水準の相対的上昇）が必要である。すなわち、地層が形成するには、地殻の相対的隆起と沈降、または海水準の相対的下降と上昇のどちらかが、ほぼ同時に起こらなくてはならないことになる。

従来、地質学者は、地層の形成を陸側が隆起して海側が沈降するという単純なモデルでそれを説明していた。しかし、海水準は上下に変化するため、陸地と海水準の接合部がつねに地殻の上下変動の境界とはなりえない。また、陸上には海底に堆積した地層が分布しているが、これは海側の地殻も隆起する

- | | |
|----------|--------------------|
| ① 碎屑物の供給 | : 相対的 隆起 または 海水準下降 |
| ② 堆積空間 | : 相対的 沈降 または 海水準上昇 |
| ③ 累積して保存 | : 相対的 沈降 または 海水準上昇 |

この3要素が同時にはたらき地層が形成される



図8 地層形成のための地殻の隆起・沈降と海水準の変動の関係 (柴, 2016b).

ことを示している。すなわち、陸側が隆起して海側が沈降するという単純なモデルは成立しないことになる。同様に、海水準が陸側では下降し、海側では上昇するということも矛盾する。

したがって、地層が形成するには、地殻が隆起して海水準が上昇するか、または地殻が沈降して海水準が下降するかのどちらかが起こったことになる。海水量が一定であれば、海洋底を含む地殻が隆起して海洋底が上昇すれば、海水準も底上げされて上昇して前者の現象が起こる。反対に地殻が沈降して海洋底も沈降すれば、海水準は下降して後者の現象が起こる。前者が起こりつづけて、地層ができれば地球は多少ではあるが膨張しつづけることになる。また、後者の場合、地球は収縮することになる(図8)。

地層がどのように形成したかを、世界中の大陸縁辺の地層を調べて一般化した試みが、Haq et al. (1987) によって提案された。彼らは、世界中の大陸

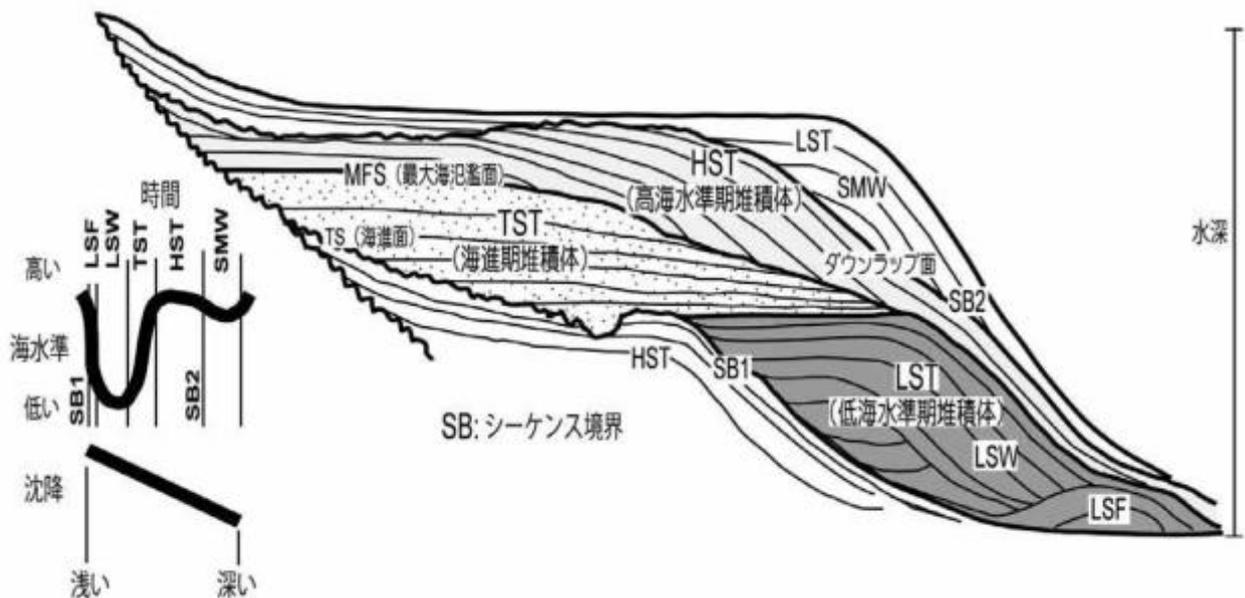


図9 Haq et al. (1987) による第三オーダー堆積シーケンスモデル。SB1とSB2：シーケンス境界，SMW：陸棚外縁堆積体，LSW：低海水準期楔状堆積体，LSF：低海水準期海底扇状地堆積体。

棚や大陸斜面での石油探査記録をもとに、海底の地層の重なりと分布を詳細に調べ、ある地層の連続した重なり単位が連続する三つの特徴的な堆積体 (Tracts) から構成されていることをあきらかにした。

その地層の重なり単位の一つを、彼らは「シーケンス」、正確には「第三オーダーシーケンス」とよび (図9)、それが海水準変動と地殻の沈降によって形成されたと説明した。そして、彼らはそれぞれの第三オーダーシーケンスの海水準の変動量を推定し、それをもとに中生代以降の海水準の変化曲線を提案した (Haq et al., 1987)。このシーケンスによる地層形成モデルは、地殻がほぼ同じ速さで沈降するということが前提条件になっている。地殻が海水準に対して沈降しなければ、海水準変動で形成された

地層も削剥されてしまうため、このモデルは地殻の沈降を前提としている。その点でこのモデルは問題があるが、地層の形成を海水準の変化というメカニズムで明確なカタチで説明したものとして非常に重要である。

地層がなぜ存在するのかという謎は、このシーケンスセットによる地層の形成だけではなく、ひとつの海水準変動によって形成された地層の単位 (第三オーダーシーケンスセット) が保存され、さらにその上に新しいシーケンスセットがつぎつぎに重なっているという事実があることである。ひとつの海水準変動によって地層が形成されても、それらが保存、すなわち相対的に地殻が沈降しなければ、形成された地層は削剥されて残らないからである。

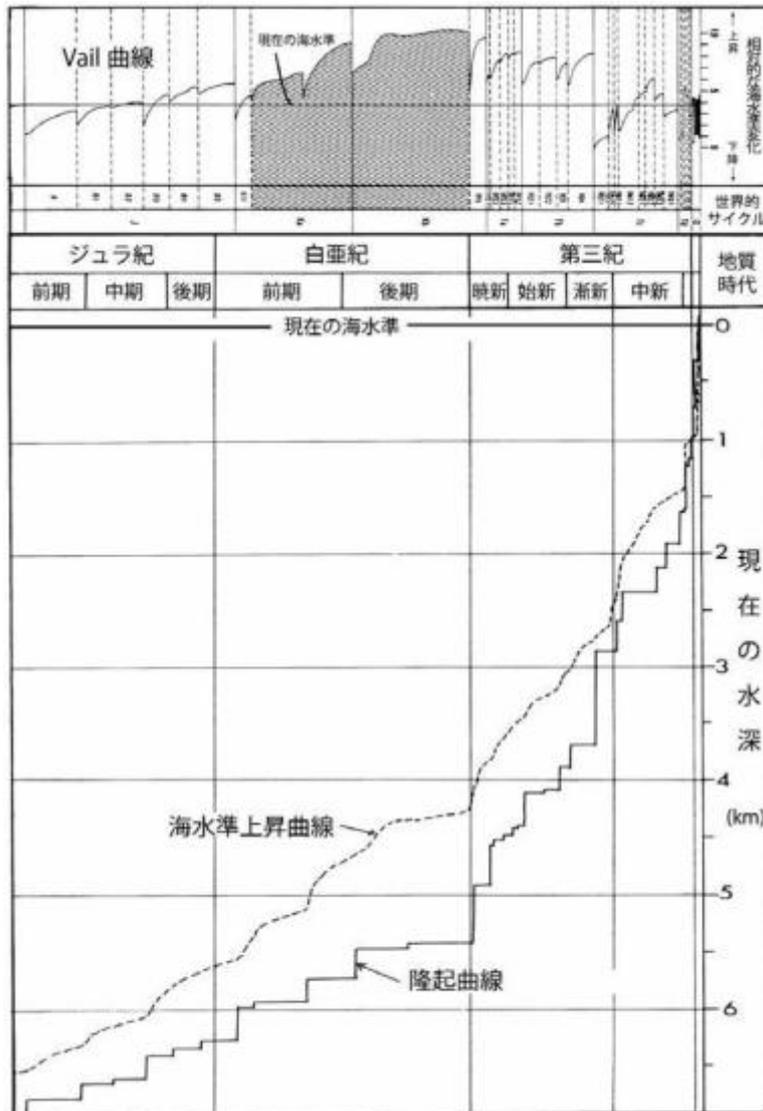


図10 Vail et al. (1977) の海水準変化曲線 (Vail曲線) の海水準下降量を隆起量におきかえて累積して地殻の隆起曲線 (折れ線) とし、一方、海水準の上昇量のみを累積させて海水準上昇曲線とした図 (Shiba, 1992)。中新世後期以降、隆起量が増大して、隆起曲線が海水準上昇曲線を上まわっている。また、地域ごとに隆起量をかえることにより、両曲線の重なりからその地域の不整合や海進・海退が表現される。

地層を保存した相対的な沈降を, Haq et al. (1987) はプレートの沈降や沈みこみによるほぼ同じ速さでの地殻の沈降であるとした. しかし, 私は地層を保存した相対的な沈降は, 地殻の沈降ではなく, 海水準上昇による沈水と考えている. そして, Haq et al. (1987) が海水準降下としたものは, 海水準の降下ではなく地殻の上昇であると考えている.

Haq et al. (1987) とその研究の基礎となったVail et al. (1977) の海水準変化曲線で特徴的なことは, シーケンス境界の海水準降下が曲線ではなく直線(垂線)になっていることである. この直線的な海水準降下について, Haq et al. (1987) では明確な見解をしめしていないが, これはまさに急激な地殻の隆起をあらわすもので, 見かけの海水準降下と思われる.

Haq et al. (1987) とVail et al. (1977) の海水準変化曲線の海水準降下を隆起量と考えると, 海水準変化曲線は海水準上昇曲線と隆起量曲線に分けることができる. そこで私は, Vail et al. (1977) の海水準変化曲線(Vail曲線)を海水準上昇曲線と隆起曲線の二つに分けて, 両曲線を作成した(図10)(Shiba, 1992). そしてそれは, Vail曲線の海水準降下量を隆起量として, また海水準上昇量をすべて累積させて海水準上昇量としたものである. それによると, ジュラ紀から現在までの海水準上昇量は約5.6kmとなり, 鮮新世~現在までのそれは約1,500mとなった. なお, Haq et al. (1987) の海水準変化曲線で同じことをおこなっても海水準の上昇量はほぼ同じであった.

図10で特徴的なことは, 中新世後期以降に海水準上昇量が急激に増大し, さらに隆起量はそれを超えるほどに多くなっていることである. この隆起量と

は, Vail et al. (1977) の調査が大陸や島弧の縁辺の地層を対象としたことから, その地域での隆起量である. もちろん, 現在の陸上域では隆起量はもっと大きかったと思われ, そのために過去に海底で堆積した地層を私たちは現在, 陸上で見ることができる.

堆積シーケンスを研究する多くの人が, 海水準の上下の変化を氷期と間氷期のような気候変動にその原因を求めている. しかし, これまでの世界各地の過去の気候の推定から, 更新世前期を含めてそれ以前の中生代以降の地質時代に, 更新世後期と同様の規模の大陸氷床が発達した可能性については疑わしい. したがって, 更新世前期以前の第三オーダーシーケンスを形成した海水準変化を, 気候変動による氷床の拡大と縮小に原因を帰することはできない.

それでは, 海水準の上昇がどのようにして起こったのだろうか. 中生代以降, 地球の表面を構成する地殻の多くの部分が隆起をしている. 隆起は, 大陸や島弧周辺だけでなく, 海嶺や大洋底でも隆起が起こった. その隆起を起こしたものは, 星野(1991)によればリソスフェア(岩石圏)の下を構成する上部マントルのアセノスフェア(岩流圏)起源の玄武岩マグマが上昇して, 大洋底のモホ面の上の地殻の中に進入ないし溶岩として噴出して大洋地殻を形成することで, 海水準が上昇したとした. 大洋底の大洋地殻の厚さは約5kmあり, ジュラ紀以降の海水準上昇はそれとほぼ同じ5kmである. このことから, 星野(1991)のいうアセノスフェア(岩流圏)の膨張によるマグマ活動によって, 大洋底が隆起して海水準が上昇したと考えられる.

白亜紀中期(約1億年前)の海水準は現在のそれ

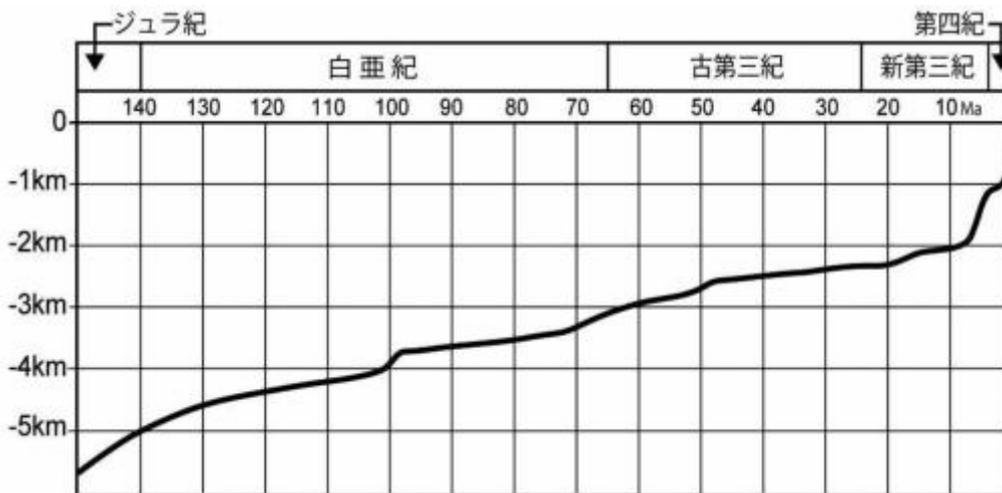


図11 ジュラ紀以降の海水準上昇曲線 (Hoshino, 1981を参考に作成).

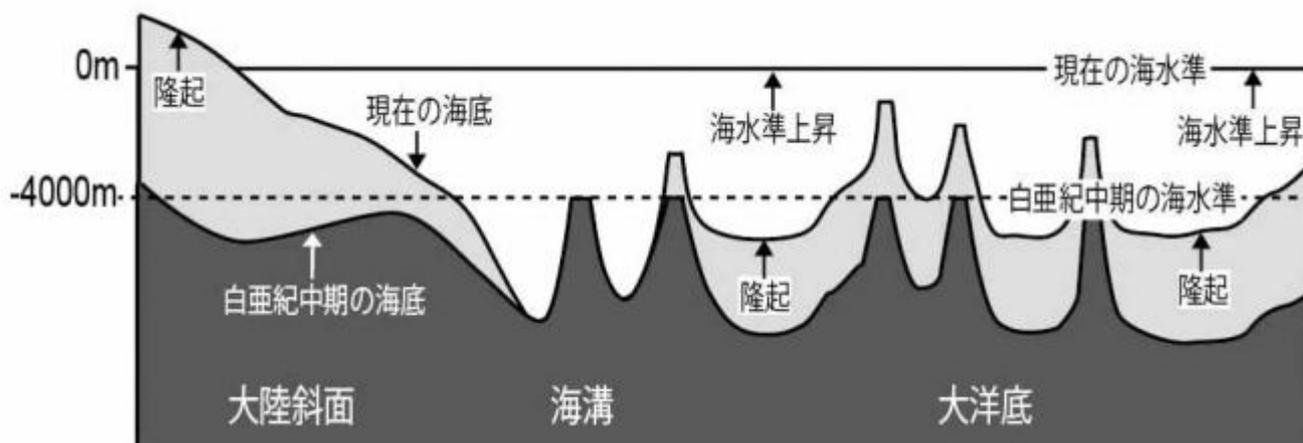


図12 日本海溝から太平洋底にかけての白亜紀中期と現在のモデル化した地形断面 (Shiba, 1988). 島弧と大洋底の隆起により、海水準の上昇があり、結果として白亜紀中期のサンゴ礁がいろいろな深さの頂上になってギョーとなって沈んでいる。

より約4,000m低いところにあり、始新世前期（約5000万年前）には約2,500～3,000m低いところ、中新世末期（約600万年前）には約2,000m低いところ、そして更新世中期の今から約40万年前には約1,000m低いところにあったと考えられる。図11にジュラ紀以降の海水準上昇曲線をしめす。

白亜紀中期の海水準の位置は、日本海溝の南端にある第一鹿島海山の現在の山頂水深（約-4,000m）である (Shiba, 1988, 1993)。始新世前期の位置は、東北日本の大陸棚の親潮古陸 (奈須ほか, 1979) の水深（約-2,500～-3,000m）であり、それはガラパゴス諸島をのせるココス海嶺やモザンビーク海峡の海底と同じ水深である (星野, 1992)。また、中新世後期の海水準の位置は、地中海の海底に分布する蒸発岩層 (Hsü et al., 1977) や大陸斜面に発達する多くの海底峡谷の末端水深（約-2,000m）にあたる (星野, 1962)。そして、更新世中期の今から約40万年前の海水準の位置は、駿河湾の石花海海盆の水深（約-1,000m）にあたる。なお、メキシコ湾の深海底は3,600mの深さがあるが、さらにその1,400m下の現在の海水準から約5,000m下にはジュラ紀後期の岩塩層がある (Uchupi, 1975)。このことから、ジュラ紀後期の海水準は現在より約5,000mも下にあったと考えられる。

ジュラ紀以降に海底の底上げ作用によって海水準が上昇し、現在の地形も形成された。海溝は、大陸側と大洋側の上昇からとり残されたところである。大洋底のギョーの山頂水深が、海溝のギョーのそれよりも浅いのは、海溝のギョーが海溝に沈んだのではなく、大洋底のギョーが大洋底ごと隆起したため

である。そのため、大洋底のギョーの山頂水深は、場所によって深さが異なっている (図12)。

島弧—海溝系の形成

島弧は大洋側に突き出した凸状の弓なりになった島々からなる地形であるが、島弧の特徴として、大洋側の前面が海溝で縁どられて、大陸側にあたる背面には日本海のような縁海（背弧海盆）がある。また、海溝付近から陸の下へ向って斜めに深発地震面（和達—ベニオフ面）があり、島弧の地殻内には浅い地震があり、また活火山列も存在する。

駿河湾の中央部から西部にかけての地域は、南海トラフの北側への延長に相当し、海溝部が駿河湾中央水道、外縁隆起帯が石花海堆、前弧海盆が石花海海盆にそれぞれ相当する。南海トラフのさらに北への延長は、駿河湾奥部の陸上になる。有度丘陵は、石花海堆と同様に南北方向の複背斜構造をもち、外縁隆起帯の陸上延長部にあたり、その内側にある静岡平野は前弧海盆に相当する。

小笠原群の堆積した時代に、地殻は大規模に隆起して、陸上では山地や山脈が形成された。そして、それらが侵食された大量の砂礫が河川を流下して扇状地を形成し、海底を埋積して陸地をひろげていった。そのころの河口や海岸は、現在の大陸斜面の前面まで達するところがあり、そのようなところでは海溝付近まで大量の土砂が堆積した。

その後、今から約40万年前以降の時代にも、地殻の大規模な上昇は起こるが、そのときの隆起では同時に海水準の上昇も起こり、海側は沈水して陸地か

ら海溝にかけての急傾斜な大陸斜面が形成された。

井内ほか(1978)は、大陸斜面を構成する更新世中期以降に堆積した最上部層が現在の地形に調和的に海盆に水平に堆積しているにもかかわらず、それ以下の地層は上部大陸斜面の地形と不調和に分布していることから、現在の上部大陸斜面は更新世中期以降に形成されたとのべている。

プレートテクトニクスで説明する島弧や海溝、さらにプレートが生まれるという中央海嶺の形成は、地球の長い年月にわたって同じような運動が循環して起こることにより説明されている。しかし、駿河湾も含め海溝の陸側の海底斜面にあたる大陸斜面は、更新世中期の今から約40万年前以降に現在の地形が形成されはじめたものであり、それはそれまでの地殻変動とは異なったものである。

ワシリエフ(1991)は、すべての海溝は新しいもので、更新世に形成されたものであると結論している。現在の山脈や陸上の地形、大陸斜面や海溝など

海底の地形、さらに火山活動も、それらはそれ以前と現在とは異なっていて、最終的には今から40万年前以降に形成され、または新たに活動(有度変動)を開始したものである。そして、それは中新世(約2300万年前)からはじまった島弧や台地など地殻の一連の隆起運動と関連したもので、特に中新世後期(約1100万年前)の大規模な地殻の隆起運動をへて、更新世前期～中期(180万～40万年前)の隆起運動(小笠変動)のあとに起こった、地殻のもっとも新しい構造運動である。

プレートテクトニクスでは海溝の大陸斜面は付加体によって構成されているとされ、駿河湾奥部の陸側地域である富士川谷は南海トラフの北側陸上延長にあたる。私たちはその富士川谷でその付加体の内部とされる浜石岳層群と富士川層群を実際に観察することができる。それらの層群は中新世後期～鮮新世に形成されたもので、細分された基盤ブロックのそれぞれの隆起により複雑に褶曲していて、その地

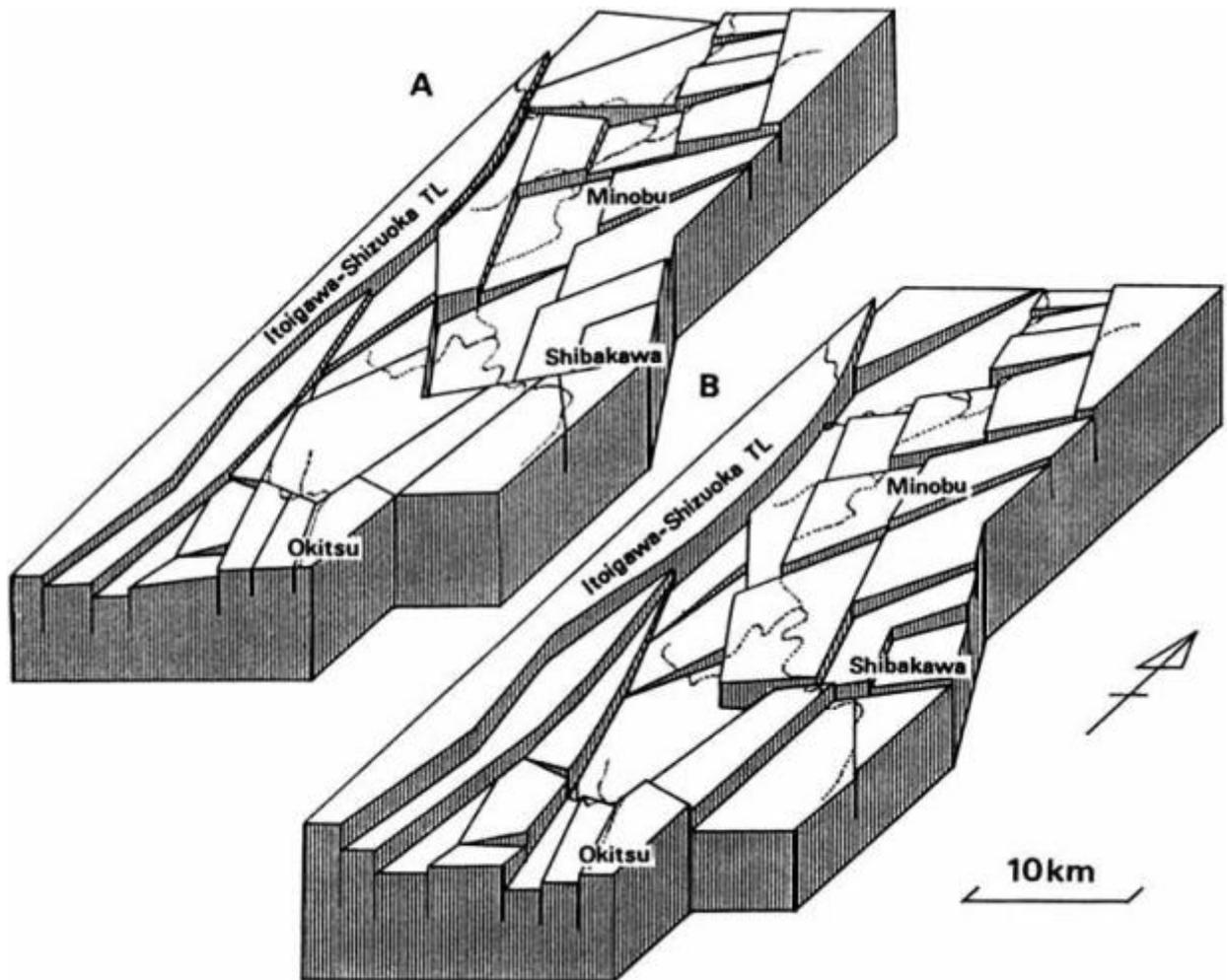


図13 富士川谷新第三系の基盤ブロックの形(角田ほか, 1990)。南東方向から地下を鳥瞰した図。Aは身延層の堆積期のもので、Bは飯富層の堆積期以降のもの。

質構造はその基盤ブロックの隆起運動に支配されている(柴, 1991)。

柴(1991)によれば, 富士川谷の基盤の構造は, 北東—南西方向と北北西—南南東方向, および北西—南東方向の断層によって細分化された基盤ブロックからなり, この地域の地層の形成と褶曲はそれぞれの基盤ブロックの上昇運動によって, 中新世後期—鮮新世にほとんどが形成されたとした。富士川谷の基盤ブロック形態とその隆起について図13に示す。駿河湾奥部の陸側の地質構造が南側の南海トラフに延長しているとする, 付加体の地質構造は基盤ブロックの隆起運動によって形成されていると考えられる。

また, 現在の南海トラフにそってある付加体といわれる変形した堆積体を構成する地層のほとんどが, 陸側から運ばれた堆積物であり, それらは中新世後期や更新世前期など隆起の時代に顕著である。そして, その付加体の主要な変形は, プレーートの海溝に沈みこむ動きにあわせてつねに形成されているのではなく, それぞれの地層が堆積しているとき, またはその直後に形成されている。すなわち, 付加体とよばれる海溝陸側の変形した地層群は, つねに連続して海溝に沈みこむような大洋底のプレートの運動によって形成されたものでなく, 島弧の隆起の時代におもに形成されたものである。

プレートテクトニクスでは, 海溝はプレートが沈みこむところとされている。しかし, 島弧などの陸側が大規模に隆起することが明かであることから, むしろ陸側の地殻が大洋側に押し出したと考えるべきである。また, 島弧と海溝が対をなして形成し, それにともない現在の地震や火山が発生していることは, 島弧と海溝は現在の活動によって形成されたものであることをあらわしている。すなわち, 島弧は中新世後期(今から約1100万年前)から形成されはじめたことから, 海溝も同じようにそのころから形成されはじめたものであり, さらに島弧—海溝系にとまなう現在の地震や火山活動も中新世後期からはじまったことになる。したがって, もしプレートテクトニクスによる地殻変動があるとしても, それは中新世後期からはじまったもので, それ以前にはなかったと考えられる。

日本列島の形成と海水準上昇

西南日本弧の地質構造帯をみると, 大きくA帯—D帯の4つに区分できる。それらは, 古い時代のものから, 原生累代の岩体と古生代の地層(①飛驒帯)と石炭紀に変成作用をうけた変成岩(②飛驒外縁帯)からなるA帯と, 古生代後期の地層からなるB帯の③秋吉帯, ④周防帯, ⑤舞鶴帯, ⑥超丹波帯, そして内帯から外帯にひろく分布する三畳紀—ジュラ紀中期の地層からなるC帯の⑦美濃帯と⑩の秩父帯, 外帯のもっとも外側に分布する白亜紀後期以降の碎屑岩層からなるD帯の⑪四万十帯に区分される。C帯の⑧領家帯と⑨三波川帯は, それぞれ美濃帯と秩父帯の地層が変成作用をうけた変成岩であり, 美濃帯と秩父帯に含まれる。

西南日本弧と東北日本弧の地質構造帯は, 基本的に同じであると私は考える。日本列島では, 西南日本弧の地質構造帯であるA帯(飛驒帯・飛驒外縁帯), B帯(秋吉帯など), C帯(美濃帯・秩父帯など), D帯(四万十帯)が日本海側から太平洋側に向って配列しているが, 東北日本弧では三波川帯は不明瞭だが, C帯の領家帯からD帯まで分布する。東北日本弧の本州の範囲では, 現在の陸域にはC帯が分布し, D帯は太平洋側の大陸斜面に分布する(図14)。

西南日本弧でD帯, すなわち四万十帯の北部は, 九州南東部や四国南部, 紀伊半島南部, 静岡県赤石山脈から関東山地へと連続して分布する。西南日本弧では, 中新世中期以降にD帯の北部が隆起して陸域となったが, 東北日本弧では陸域とはならずほとんどが海底のままだった。

東北日本弧のD帯は, 蝦夷堆積盆(安藤, 2005)にあたり, 白亜紀後期から古第三紀に沼沢地や蛇行河川が発達する広大な陸地であった。それに対して西南日本弧の四万十帯は, 白亜紀後期から古第三紀には海底斜面や海底扇状地の堆積環境にあった。すなわち, 白亜紀後期から古第三紀にD帯は, 西南日本弧では深い海底であり, 東北日本弧では陸地であり, 東北日本弧の方が相対的に隆起していたことになる。しかし, 中新世以降は反対に, 西南日本弧のD帯は隆起に転じて, 東北日本弧はほとんど隆起しなかったために, そのほとんどの地域が海中に沈んでしまい, 現在それらは海水準から2,500m以下に分布する。

西南日本弧は, 古い時代のものから, 原生累代の

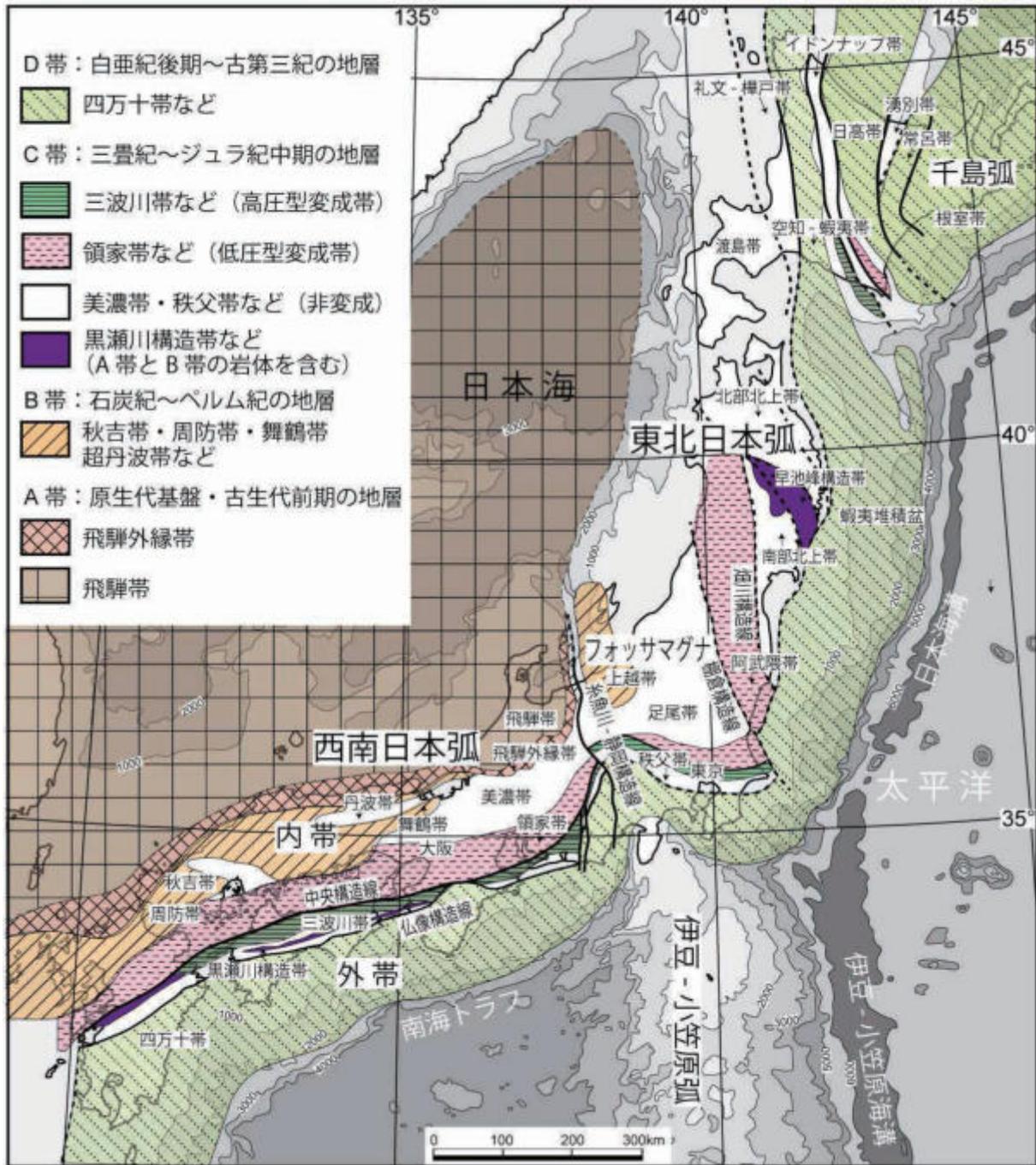


図14 日本列島の地質構造帯の分布 (柴, 2017).

岩体などとそれらの変成岩からなるA帯と、古生代後期の堆積物からなるB帯と、内帯から外帯に広く分布する三畳紀～ジュラ紀の地層からなるC帯、それと外帯のもっとも外側に分布する白亜紀後期以降の碎屑岩層からなるD帯に区分される。そして、この西南日本弧の地質構造は基本的に東北日本弧とほぼ連続し、中新世以降に西南日本弧がより隆起したために、現在のような違いが生じたと考えられる。

日本列島の地質構造帯をみると、日本海側により古い時代の岩石や地層があり、A帯からD帯へと太

平洋側に向って新しい時代の地層が配列する。このことは、静岡地域と同様に西から東に古い時代の層群から新しい時代の層群が衝上断層を境に配列し、その各層群の内部ではその配列とは逆に東側から西側に新しい時代の地層が重なる構造と同じである。

静岡地域のこのような層群の配列は、西側からの隆起によって東側に新しい時代の層群が堆積したことによって形成された。逆に、各層群中での西側により新しい時代の地層が堆積したことは、層群の堆積時に東側の基盤が隆起したために西側に新しい地

層が堆積したことを意味している。そして、各層群の境界を区切る西側に傾斜する衝上断層は、更新世中期（約40万年前）以降に、南東側に押し出す赤石山脈の隆起運動によって形成されたと考えられる。

日本列島の地質構造帯の形成も、この静岡地域の地層と地質構造の形成のしくみと同じであると考えられると、日本列島のA帯～D帯の地質構造帯は、日本海側から隆起が起り、太平洋側に向って順に新しい時代の地層が堆積したことを示している。すなわち、日本海とその周辺に分布するおもに原生累代の基盤岩であるA帯の周縁に、古生代前期のシルル紀から石炭紀に浅海があり、それが石炭紀に起こったバリスカン変動により隆起した。そして、A帯の隆起によりその外側にサンゴ礁の石灰岩など石炭紀～ペルム紀のB帯の地層が堆積し、それらがペルム紀末期～三畳紀前期に隆起した。B帯には周防帯などその隆起運動にともなって形成された変成岩や火成岩が分布した。

隆起したB帯の太平洋側には、三畳紀～ジュラ紀中期のチャートや泥岩、砂岩などが堆積するC帯があり、現在の中央構造線や黒瀬川構造体などを境に丹波帯、美濃帯、秩父帯北帯、秩父帯南帯など数列に並行して分布する。C帯の地層は、東北日本弧の太平洋側の地質断面をみると白亜紀の地層の下にひろく分布すると思われ（図15-1）、海溝を越えて太平洋やフィリピン海の海底にまでC帯はひろく分布するものと考えられる。

日本海溝の東側の海底はジュラ紀のチャートや玄武岩からなるが、プレートテクトニクスではそれらは日本列島からはるかに南東にある東太平洋海嶺で堆積または噴出して日本海溝の東側に移動してきたと考えられている。しかし、これはC帯と同じ時代の地層であり、C帯の岩相も付加体とされているように海底の赤色軟泥（赤色チャート）や海底で噴出した玄武岩溶岩（緑色岩）を含み、共通している。すなわち、C帯は大洋底の海底堆積物が日本列島に付加したのではなく、日本列島とその東側の太平洋の海底にもともと分布していた海底堆積物と噴出物そのものであると考えられる。ジュラ紀には海水準が今よりも5,000～6,000m低かったと考えられ、さらに海水準はそこから1,000m以上上昇したと考えられる。ジュラ紀の海水準上昇期（海進期）には陸域からの碎屑物の供給が少なく赤色軟泥（赤色チャート）などの堆積がおこなわれたと思われる（図15-1）。

白亜紀前期～後期にかけて、中央構造線にそって内帯側で花崗岩を形成したマグマ活動が活発になり、それにより中央構造線の内帯側が大規模に隆起した。そして、その内帯側には高温低圧型の変成岩帯（領家帯）が形成され、外帯側には押し出す隆起の圧力により低温高圧型の変成岩帯（三波川帯）が形成された。白亜紀前期にも海水準は約1,000m上昇し、外帯側は相対的に深い海底となり、そこに大きな堆積空間が形成された（図15-2）。

海水準の上昇量が低下した白亜紀後期以降は、陸域からの大量の堆積物がその前面の海域や盆地を埋積していった。西南日本弧の四万十帯は海底斜面や海底扇状地に堆積し、東北日本弧の四万十帯（蝦夷堆積盆）は広大な陸地の河川や浅海で堆積した。

新第三紀の中新世になると、西南日本弧は全体に隆起しはじめ山地を形成したが、東北日本弧はほとんど隆起しなかった。そのため、上昇する海水準に対して東北日本弧の太平洋側の陸地は沈水して海底となった。また、日本海の海底（日本海盆）は古第三紀以降にほとんど隆起しなかったために、その南部を残して沈水して深い海底となった。日本海のユーラシア大陸側には大きな河川の河口がなかったために、日本海盆は東シナ海のように埋積されることなく深い海底となった。

中新世後期から、島弧の大規模隆起が顕在化して、現在の日本列島のような島弧の形があらわれてくる。島弧の背骨にあたる脊梁山脈が形成され、日本海側と太平洋側にわかれて両側の海域に碎屑物が供給された。そして、太平洋側では海溝斜面までそれらの堆積物が供給された。そのときの海水準は現在より2,000m低いところにあった。なお、西南日本弧の東部のフォッサマグナ南部にみられる地質構造帯が北側に弯曲した構造は、南北方向の伊豆一小笠原弧の隆起帯による曲隆のためで、それは白亜紀以降に形成されたと考えられる。

更新世前期の180万年前に、日本列島には大規模な隆起運動が起り、山地は隆起して海岸から大陸斜面にかけて扇状地が形成され、大陸斜面下部まで堆積物が供給された。さらにその後の更新世中期の40万年前以降には、太平洋側に押し出す衝上断層をともなう大規模で急激な隆起活動と、同時に海水準が1,000m上昇したことによって、現在の島弧—海溝系の地形が形成され（図15-3）、その活動は現在も継続している。

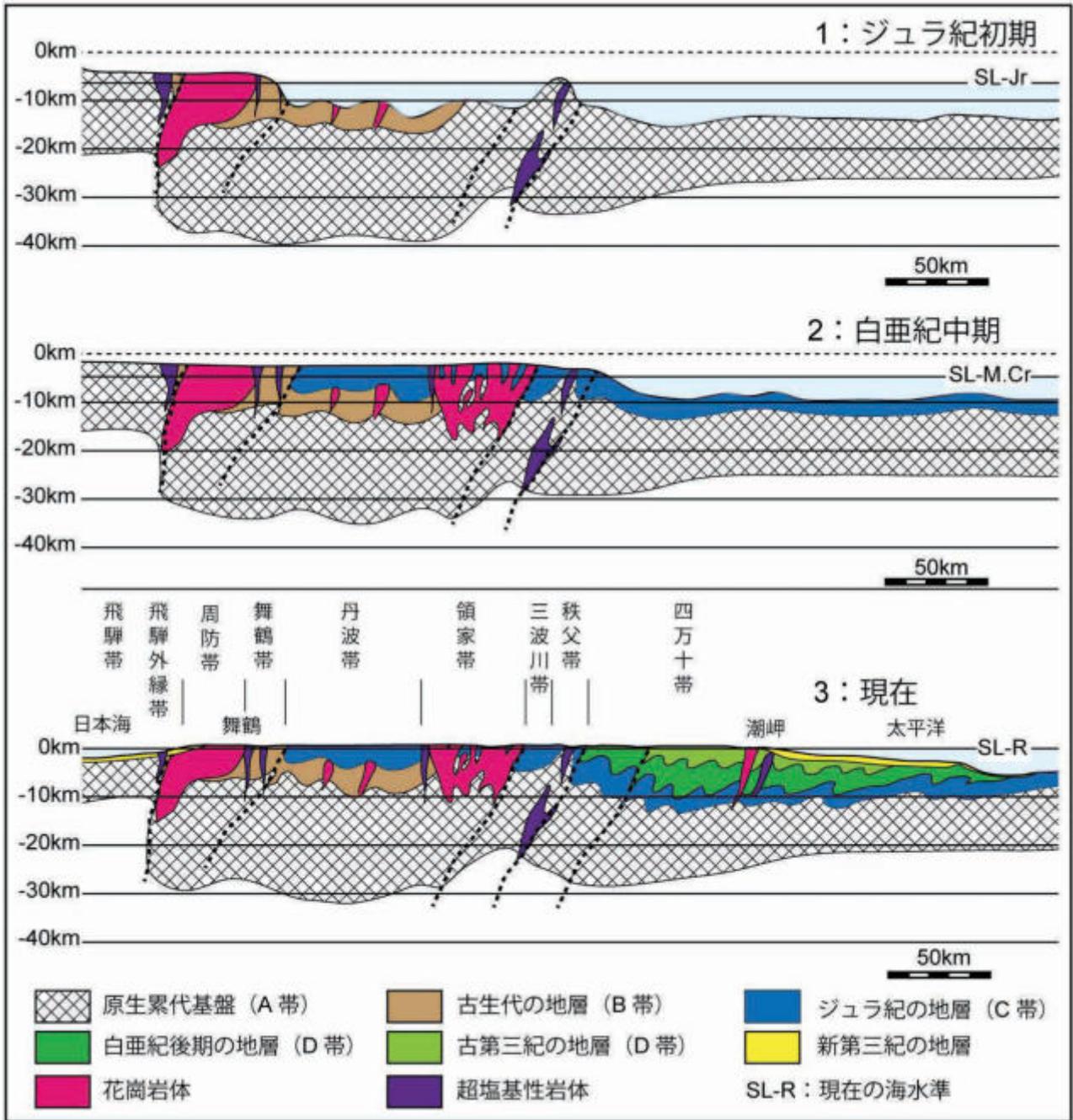


図15 西南日本弧の地質断面とその形成過程。ジュラ紀付加体とされるジュラ紀の地層は、チャートや玄武岩溶岩など含むが、付加したものではなく、日本列島から太平洋の海底にもともとひろく分布していたものである（柴，2017）。

ま と め

駿河湾は、約40万年以降から起こった衝上断層をとまなう大規模隆起と、それと並進して段階的に起こった約1,000mにおよぶ海水準上昇で形成された。そのため、駿河湾中央水道と石花海盆が隆起からとり残されて沈水した。約40万年以降から起こった地殻の隆起と海水準上昇により現在の世界の地形が形成された。現在の陸地は海水準上昇を上まわって隆起しているところで、海底は海水準上昇により沈

水したところである。すなわち、現在の地形の高低差は各地域での隆起量の差によって生じている。

地層の形成には、地殻の隆起と海水準上昇が必要であり、それは地球の微膨張を意味する。ジュラ紀の海水準は現在よりも5,000~6,000m以上も低いところにあり、大陸と海洋の分布は現在のそれとは相当にちがうものだった。その後、地殻の隆起と海底での洪水玄武岩の噴出による海水準上昇によって、地層と地形の形成がおこなわれた。白亜紀から始まった環太平洋の深成活動により大陸縁辺の隆起がはじ

まり、島弧は中新世後期の大規模隆起の開始以降、180万～40万年前の大規模隆起を経て、最終的には40万年以降の大規模隆起と約1,000mにおよぶ海水準上昇によって形成された。

謝 辞

私は東海大学海洋学部博物館（海洋科学博物館・自然史博物館）に36年間にわたり務めさせていただき、博物館での展示や教育、研究を私なりにできるかぎりのことをおこなってきた。これも歴代の館長はじめ、博物館の職員の皆さんのおかげであり、深く感謝する。また、これまで私とともに駿河湾周辺の地質調査や化石研究を行った海洋学部の多くの学生諸氏に感謝する。本稿の図2については、アジア航測株式会社の千葉達朗氏に作成していただき、アジア航測株式会社に使用許可をいただいた。

引用文献

- 安藤寿男（2005）東北日本の白亜紀系—古第三系蝦夷前弧堆積盆の地質学的位置づけと層序対比。石油技術協会誌, **70**, 24-36.
- Bassinot, F. C., L. D. Labeyrie, E. Vincent, X. Quidelleur, N. J. Shackleton and Y. Lancelot (1994) The astronomical theory of climate and age of the Brunhes Matsuyama magnetic reversal. *Earth Planet. Sci. Letter*, **126**, 91-108.
- 地質調査所（1982）日本地質アトラス。地質調査所, 119 p.
- Haq, B. U., J. Hardenbol and P. R. Vail (1987) Chronology of the fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, **235**, 1156-1166.
- 星野通平（1962）『太平洋』。地団研双書, 地学団体研究会, 136 p.
- 星野通平（1973）駿河湾の形成と中央構造線。杉山隆二編『中央構造線』, 東海大学出版会, 東京, 277-287.
- Hoshino, M. (1981) Basaltic stage. *Jour. Marine Sci. Technol.*, Tokai Univ., **16**, 65-68.
- 星野通平（1991）『玄武岩時代』。東海大学出版会, 東京, 456 p.
- 星野通平（1992）『毒蛇の来た道』。東海大学出版会, 東京, 150 p.
- 星野通平・伊津信之介・花田正明・安間 恵（1982）駿河湾・石花海の地質。東海大学紀要海洋学部, **15**, 109-121.
- Hsü, K. J., L. Montadert, D. Bernoulli, M. B. Cita, A. Erickson, R. E. Carrison, R. B. Kide, F. Melieres, C. Muller and R. Wright (1977) History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, **267**, 399-403.
- 井内美郎・奥田義久・吉田史郎（1978）紀伊水道南方の滋上部大陸斜面成立時期。地質学雑誌, **84**, 91-93.
- 海上保安庁（1994）大陸棚の海の基本図（20万分の1）「駿河湾南方」（no. 6639）。水路協会。
- 近藤康生（1985）静岡県有度丘陵の上部更新統の層序。地質学雑誌, **91**, 121-140.
- 奈須紀幸・本座栄一・藤岡換太郎・佐藤俊二（1979）日本海溝の深海掘削—親潮古陸の発見—。海洋科学, **10**, 807-815.
- 小山真人・新妻信明・狩野謙一・高木圭介・内村竜一・吉田智治・唐沢 譲・田邊裕高（1992）駿河トラフ伊豆側斜面の地質とテクトニクス—「しんかい2000」第579潜航の成果—。海洋科学技術センター試験研究報告「第8回しんかいシンポジウム報告書」, 145-161.
- 岡村行信・湯浅真人・倉本真一（1999）「駿河湾海底地質図説明書」。海洋地質図, **52**, 地質調査所, 44 p.
- Shiba, M. (1988) Geohistory of the Daiichi-Kashima seamount and the Middle Cretaceous Eustasy. *Sci. Rept. Nat. Hist. Mus., Tokai Univ.*, **2**, 69 p., 10 pls.
- Shiba, M. (1992) Eustatic rise of sea-level since Jurassic modified from Vail's curve. *Abst. 29th IGC (Kyoto)*, **1-3**, 95.
- Shiba, M. (1993) Middle Cretaceous Carbonate Bank on the Daiichi-Kashima Seamount at the junction of the Japan and Izu-Bonin Trenches. In: Simo, T., B. Scott and J-P. Masse eds., *Cretaceous Carbonate Platform*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., **56**, 465-471.
- 柴 正博（1991）「南部フォッサマグナ地域南西部の地質構造—静岡県清水市および庵原郡地域の地質—」。地団研専報, **40**, 98 p., 3 maps, 5 pls.
- 柴 正博（2016a）駿河湾はどうやってできたか？

- 化石研究会誌, **49**, 3-12.
- 柴 正博 (2016b) 『はじめての古生物学』, 東海大学出版部, 神奈川, 190 p.
- 柴 正博 (2017) 『駿河湾の形成—島弧の大規模隆起と海水準上昇』, 東海大学出版部, 神奈川, 406 p.
- 柴 正博・伊津信之介・根元謙次 (1991b) 駿河湾, 石花海北堆の礫の起源. 地団研専報, **38**, 11-18.
- 柴 正博・久松由季・岡崎宏美・渡邊 徹・柴 博志 (2012) 静岡市有度丘陵に分布する中部更新統根古屋層の有孔虫化石群集と堆積環境の変遷. 「海・人・自然」(東海大博研報), **11**, 23-41.
- 土 隆一 (1960b) 有度丘陵の地質構造ならびに地史. 地質学雑誌, **66**, 251-262.
- 角田史雄・柴 正博・鈴木好一 (1990) 南部フォッサマグナ地域の浅層地殻の変形過程—特に, 新生代末における富士川谷の非対称背斜の形成過程—. 地質学論集, **34**, 171-186.
- Uchupi, E. (1975) Physiography of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. In: Nairn, A. E. M. and F. G. Stehli eds., The Gulf of Mexico and Caribbean, Prentice Hall, 1-64.
- Vail, P. R., R. M. Michum, Jr. and S. Thompson. III (1977) Global cycle of relative changes of sea level. In: Payton, C. E. ed., Seismic Stratigraphy - Application to Hydrocarbon Exploration. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., **26**, 83-97.
- ワシリエフ, B. I. (1991) 『太平洋北西部地質構造の主な特徴』, 押手 敬・花田正明・石田光男訳編, 地球科学研究センター, 204 p. [Translated from Васильев, 1988. Основные черты гологического строения север-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 192c.]

三保半島真崎の大地はいつできたか —ボーリング試料中の有孔虫化石解析による後氷期の堆積環境の変遷—¹⁾

柴 正博²⁾・永澤 広紀³⁾

When Did Masaki of the Miho Peninsula Become Land? ; Transitions of Sedimentary Environments during the Post Glacial Period Inferred from Analysis of Foraminiferal Fossils in Boring Samples¹⁾

Masahiro SHIBA²⁾ and Hironori NAGASAWA³⁾

Abstract

Miho Peninsula is complex sand spit with three sand spits overlapping the western side of Suruga Bay central Japan. In this study, we aimed to clarify the transition of sedimentary environment during the post glacial period of Miho Peninsula by using foraminiferal fossils from the core obtained by Ishihara et al. (2014).

The boring sample is a full core with a total length of 70 m and can be divided into four layers; the lowermost gravel layer, the lower sand layer, the middle sand and mud layer and the upper gravel layer in descending order. For foraminiferal analysis, samples were collected from the middle sand and mud layer and examined, and were classified into three zones from the characteristics of species composition. It is thought that the middle sand and mud layer has accumulated on the sea floor with of the water depth of 20 to 60 m like the present Hagoromo Spur during the sea level rising period and the falling period during the post glacial period. The sea flooding surface of the Jomon transgression seems to correspond to a horizon between 50.50 m and 50.75 m depth of this core. After the middle sand and mud layer was deposited, the seafloor was rapidly buried by the upper gravel layer, and the last sand spit of Miho Peninsula including Masaki was formed. The ground of Masaki in Miho Peninsula on where our Museum is situated, seems to have emerged from the latest Muromachi Period to the early Edo Period.

はじめに

三保半島は、駿河湾奥部の西側に位置し、静岡市街の南部に位置する有度丘陵の東南部から北東方向に延びる3つの砂嘴が重なる複合砂嘴である。その

全長は約5 km、幅は狭いところで約1 km、最も広いところでも約2 kmである。三保半島は、典型的な複合砂嘴であり、三保半島がどのように形成されたかという研究は複合砂嘴の形成を理解する上で重要である。

¹⁾ 東海大学自然史博物館研究業績 No. 87.

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No. 87.

²⁾ 東海大学自然史博物館 〒424-8620, 静岡県静岡市清水区三保2389

Natural History Museum, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8620, Japan

³⁾ 応用地質株式会社四国支社 〒791-8013, 愛媛県松山市山越4-4-33

OYO Corporation, Shikoku Branch, 4-4-33 Yamakoshi, Matuyama City, Ehime 791-8013, Japan

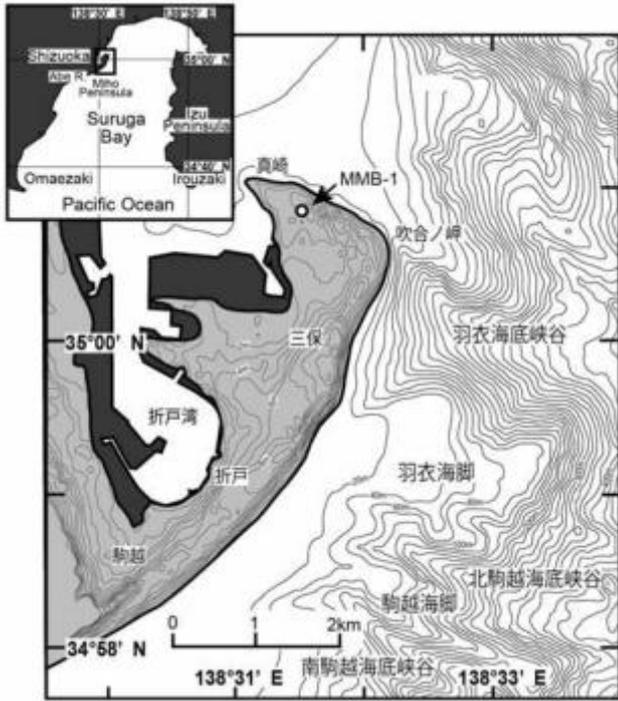


図1 三保半島の位置(左上)と三保半島とその周辺の海底地形と調査ボーリング地点(MMB-1)の位置図。陸上のコンタは標高15m以上を省略。

三保半島の地質層序やその形成に関する研究については、土(1976)や依田ほか(1998, 2000)、石原ほか(2014)、石原・水野(2016)などによる研究がある。依田ほか(1998, 2000)は、三保半島沖大陸棚の音波探査解析から、三保半島では後氷期における海水準上昇期中の2度の停滞期と、縄文海進期以降の海水準降下期のそれぞれに砂嘴が形成されたとした。石原ほか(2014)は、駿河湾沿岸域を対象とした地質調査の一環として、平野域の第四系の地下地質構造について検討することを目的として、三保半島の先端の旧三保文化ランド跡地東側(北緯:35°00′54.4″, 東経138°31′24.6″)で、全長70mのフルコア試料のボーリング(上端が標高+1.5mの掘削井MMB-1)を実施した(図1)。そして、コア試料中に含まれていた木片などより得られた放射性炭素年代値から、三保半島の最後の砂嘴である真崎の砂嘴は古墳時代には形成されていないことを明らかにした(石原ほか, 2014; 石原・水野, 2016)。

依田ほか(1998, 2000)の研究では、三保半島全体の後氷期における形成過程の概要が述べられているが、調査範囲の中心が三保半島中央の東側沿岸であることから、真崎を含む最後の砂嘴の形成の詳細は不明なところが多い。また、石原ほか(2014)と石原・水野(2016)の研究では、三保半島と真崎の

砂嘴の発達史と海水準変動の関係が大まかな層相変化と放射年代から論じられているが、花粉分析以外の古環境指標からの検討がされていない。

本研究では、産業技術総合研究所地質調査総合センターより東海大学自然史博物館に寄贈された、石原ほか(2014)の研究で用いられたコア試料から、有孔虫化石を抽出して種構成を調べて後氷期の堆積環境の変遷を知ることにより、三保半島、特に真崎を含む三保複合砂嘴の最後の砂嘴のどのように形成されたかを明らかにすることを目的とした。なお、本研究にあたって、産業技術総合研究所地質調査総合センターにはコア試料の利用許可および提供を受けた。

試 料

コア試料の岩相

本研究では、石原ほか(2014)および石原・水野(2016)の区分に従い、本コア試料を、最上部の約1.50mの埋積土層を除き、岩相により4つに区分した。それらは、下位より深度64.42~70.00mの最下部砂礫層、深度58.14~64.42mの下部砂層、深度26.10~58.14mの中部砂泥層、深度1.50~26.10mの上部砂礫層である(図2)。

以下に各岩相の記載を下位から示す。

最下部砂礫層

最下部砂礫層は、中礫を含む細礫層と中礫~細礫を含む極粗粒~粗粒砂層から構成される。深度66.00~70.00mは中礫を含む暗褐色の細礫層からなり、その上位の64.42~66.00mは中礫~細礫を含む暗灰色の極粗粒~粗粒砂層からなる。

下部砂層

下部砂層は、粗粒砂層~細礫層からなり、貝殻片や中礫を含むことがある。本層の基底には、薄い粗粒砂層を挟む2.5cmの厚さの細粒砂層があり、その上位には厚さ2cmの細礫~中礫からなる礫層がある。63.00~64.00mは粗粒砂層からなり、60.00~63.00mは粗粒砂層~細礫層からなる。59.75~60.00mは中粒砂層からなり、その上位には貝殻片を含む粗粒~極粗粒砂層が重なる。

中部砂泥層

中部砂泥層は、生痕や貝殻片を含むシルト~細粒砂層からなり、岩相から下部、中部、上部に区分し

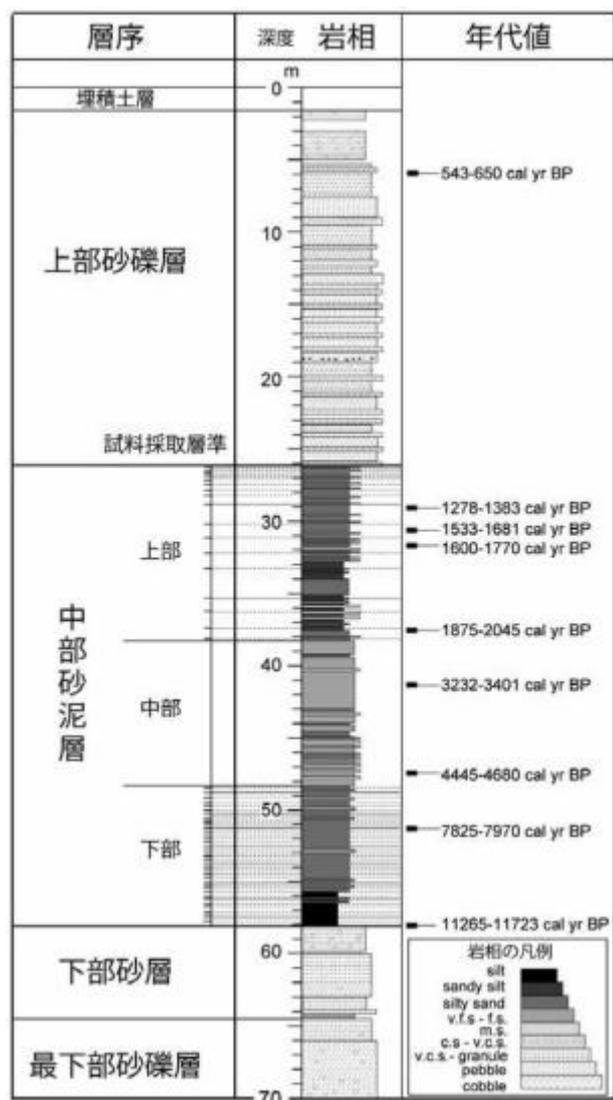


図2 ポーリングコア試料の岩相と層序。年代値は石原ほか(2014)による。v.f.s.: very fine sand, f.s.: fine sand, m.s.: medium sand, c.s.: coarse sand, v.c.s.: very coarse sand.

た。下部と上部はシルト層とシルト質極細粒砂層からなり、中部は細粒砂層からなる。下部は深度48.30～基底(58.14m)までで、深度55.90m～基底は灰色のシルト層で、薄い極細粒砂を数枚挟み、貝片を含み生物擾乱も認められる。深度48.30～55.90mは灰色のシルト質極細粒砂層からなり、薄い細粒砂層を挟み級化構造がみられる。中部は38.30～48.30mの範囲で細粒砂層からなり、しばしば中粒砂層を挟み級化構造が顕著で、貝片を多く含み木片も含まれる。上部は深度26.10～38.30mで、32.85～38.30mにはところどころに貝片を含む砂質シルト層とそれ挟まれる細粒～中粒砂層で、級化構造がみられる。26.10～32.85mは、シルト質細粒砂層からなり、細粒砂～中粒砂層が挟まれる。含まれる貝化石には、51.75～51.80mに *Glycymeris rotunda* (ベニグリ) があり、

石原ほか(2014)によれば、37.50～50.50mに含まれる貝殻は主に *Pecten albicans* (イタヤガイ) で、ほかに *Tonna luteostoma* (ヤツシロガイ), *Paphia* sp. (スダレガイ類), *Glossaulax vesicalis* (ヒロメツメタ) がみられ、深度50.50m以深では *Haustator cingulifera* (ヒメキリガイダマシ) が産出し、深度42.22mに *Caecinoplax longimanus* (エンコウガニ) の破片が含まれていた。

上部砂礫層

上部砂礫層は、中礫を主体とする礫層で、細礫層や大礫層が挟まれ、級化構造がみられる。深度5.00mより上位は中粒砂層からなり、中礫を含むことがある。

有孔虫化石の分析法

有孔虫の殻は海成堆積物に含まれているが、生物起源の堆積物を除き粗粒砂層以上の粗い堆積物中には含まれない場合が多い。このため、本研究では中部砂泥層を研究対象として、そこから有孔虫化石試料を採取した。中部砂泥層の中でも、試料の採取は極細粒砂からシルト層を対象とし、試料は中部砂泥層の中部に挟まれる級化構造が顕著に発達する中粒砂層の部分をして、極細粒砂からシルト層からなる深度26.10m～38.30m(上部)と48.30m～58.15m(下部)から採取した。上部では28.19mまでは20cmまたは40cm間隔でそれ以深は約1m間隔に層厚5cmずつ試料を採取し、下部では間にはさまれる細粒～中粒砂層を除き約0.25mおきに層厚5cmずつ試料を採取した。試料は、上部では18点で、下部からは38点を採取し、総計は56点である。

採取試料は、コア試料を縦に4分割した部分の層厚5cm分で、各試料の重量はほとんどが60g～100gあり、80g以上ある試料は重量をできるだけ80gにそろえて処理を行った。分離処理については、柴・根本(2000)に従い、試料残渣を75μmと150μm、600μmの3つの篩で受けて採集した。有孔虫の殻は250～100μmの篩で得られる試料に含まれる場合が多く、75μmの篩の残渣では種の同定が難しい幼体が含まれるため、本研究では150μmの篩に残った残渣を試料として有孔虫の抽出を行った。試料は分離処理後に、分割器を用いて32分の1にまで分割を行い、その32分の1の残渣試料に含まれるすべての有孔虫化石を実体顕微鏡下で抽出した。有孔虫化石の種類

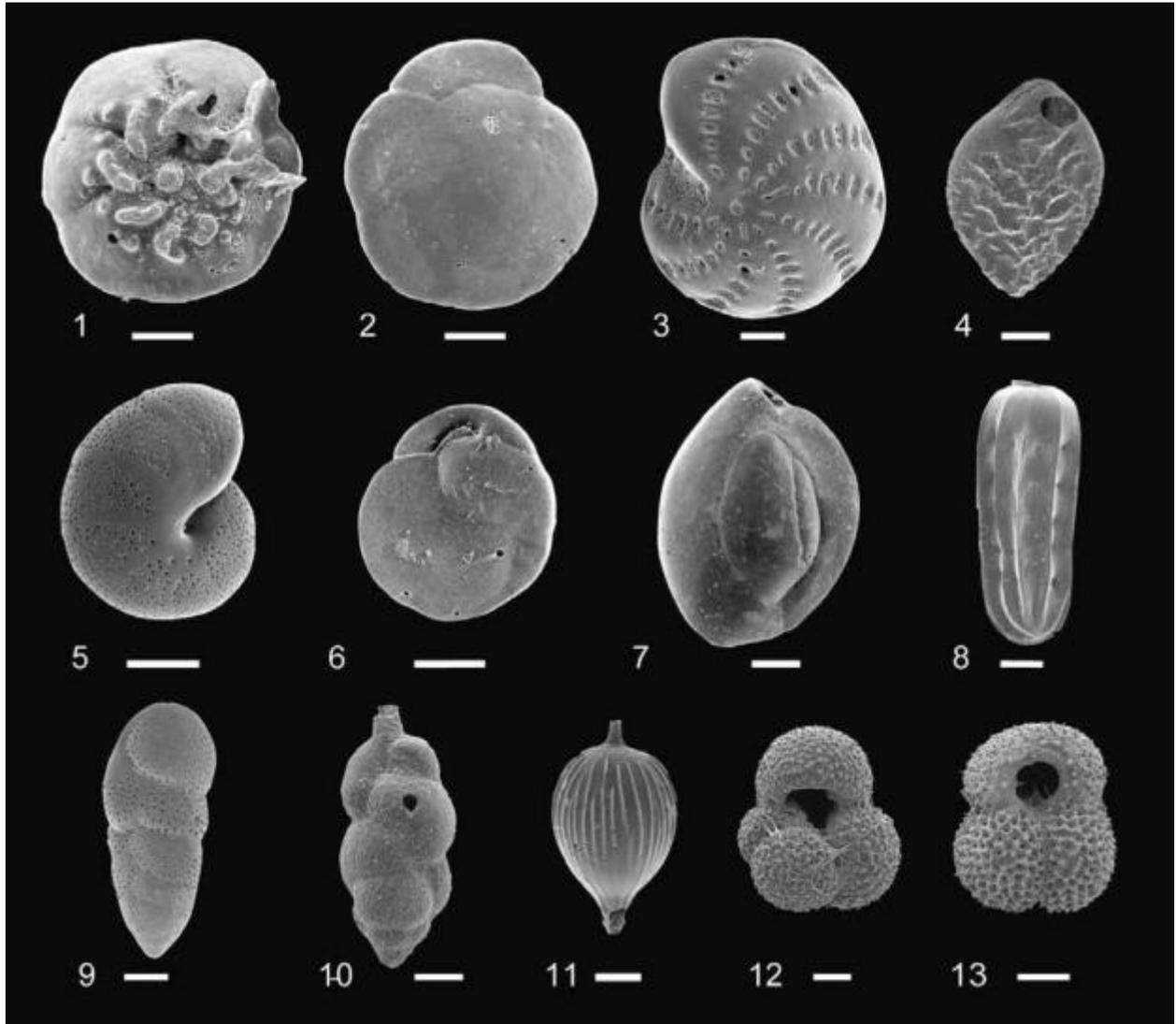


図3 産出した代表的な有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真。スケールは50 μ m。標本はすべて深度53.25mの試料から産したものの。1-2 : *Ammonia ketienziensis angulata* (Kuwano), 3 : *Elphidium aduvena* (Cushman), 4 : *Bolivina robusta* Brady, 5 : *Melonis pompilioides* (Fichtel and Moll), 6 : *Cassidulina carinata* Silvestri, 7 : *Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny, 8 : *Rectobolivina raphana* Parker and Jones, 9 : *Bolivina spinescens* Cushman, 10 : *Uvigerina proboscidea* Shwager, 11 : *Lagena spicata* (Cushman and McColloch), 12 : *Globigerina bulloides* d'Orbigny, 13 : *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny).

の同定は、主にMatoba (1967, 1970) とInoue (1989) を参考にした。産出した代表的な有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真を図3に示す。

有孔虫化石の産出結果

有孔虫化石の産出結果を、表1～3に示す。コア深度26.10～26.87mと、33.20mと55.75mからは有孔虫化石が産出しなかった。表1～3に示した80g中の有孔虫化石の総産出量は、各試料の重量、検鏡した分割中の個体数、および分割数から算出した。図4に、図2のコア試料の岩相図に重ねて、コア試料における有孔虫化石の総産出量のヒストグラムと化石

帯を示す。

図4に示すように、下位から56.75m、53.25m、51.75m、50.05mにピークをもつ有孔虫化石の産出量の多い層準が認められる。特に53.25mの総産出量は8,294個体/80gであり、他のピークの約4,000個体/80gの倍の数を示している。なお、これらの産出量の多い層準は中部砂泥層の下部に認められ、上部では産出量が少なく、最大でも28.19mでの544個体/80gにとどまる。

産出する底生有孔虫種は、全般にわたり*Ammonia ketienziensis angulata*, *Elphidium aduvena*, *Elphidium excavatum clavatum*, *Nonion japonicus* が多産し、それに次ぐものとして、*Amphicoryna*

三保半島真崎の大地はいつできたか

表1 有孔虫化石の産出リスト (26.01~38.18m).

Depth of top of sample	26.10	26.30	26.50	26.56	26.87	27.08	27.41	27.83	28.19	28.91	30.20	31.10	32.19	33.20	35.24	36.17	37.28	38.18
Zone	A zone																	
Benthic foraminifera																		
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)																		
<i>Ammonia ketienziensis angulata</i> (Kuwano)							1	2	3	1	1	4	1				1	1
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)																	2	
<i>Bilocolinella globula</i> (Bornemann)																		
<i>Bolivina durrandii</i> Millett																		
<i>Bolivina karrieriana</i> Brady								1	2			1	1	1				
<i>Bolivina robusta</i> Brady											1	5					2	2
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman												3						
<i>Bolivina spinescens</i> Cushman						2	3			2							1	1
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)																		
<i>Buccella inusitata</i> Andersen																		
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny																		
<i>Bulimina subornata</i> Brady											1	1	1					
<i>Bulimina tenuata</i> Cushman																		
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri																		
<i>Cassidulina norcrossi</i> Cushman																		
<i>Chrysalidinella dimorpha</i> (Brady)																		
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)										2	1	3	2					
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)																		
<i>Cymbaloporetta bradyi</i> (Cushman)														1				
<i>Dentalina itaii</i> Loeblich and Tappan										1								
<i>Elphidium advena</i> (Cushman)													1			1	1	1
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)																		
<i>Elphidium excavatum clavatum</i> Cushman							1	2	3	4	8				1	1	1	1
<i>Elphidium jensei</i> (Cushman)													1					
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman																		
<i>Elphidium</i> spp.																		
<i>Epistominella tamana</i> (Kawano)																1		
<i>Fissurina cucurbitasema</i> Loeblich and Tappan																		
<i>Globobulimina perversa</i> (Cushman)																	1	
<i>Guttulina austriaca</i> d'Orbigny																		
<i>Guttulina regina</i> (Brady, Parker and Jones)																		
<i>Gyroldina nipponicus</i> Ishizaki														2				
<i>Gyroldina profunda</i> Aoki																		
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano																		
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)																		
<i>Hyalinea balthica</i> (Schröter)																		
<i>Lagena clavata</i> Williamson																		
<i>Lagena hispidula</i> Cushman																		
<i>Lagena semilineata</i> Wright											2	1						
<i>Lagena spicata</i> (Cushman and McColloch)																		
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)										1								
<i>Lagena</i> sp.																		
<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)																		
<i>Massilina milletti</i> (Wiesner)																		
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)																		
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel and Moll)																		
<i>Milolinella circularis</i> (Bornemann)																		
<i>Neocoronbina stachi</i> (Asano)																		
<i>Nonion japonicus</i> Asano									2	1				2				2
<i>Oolina melo</i> d'Orbigny																		
<i>Planularia planulata</i> (Galloway and Wissler)																		
<i>Pseudoglandulina laevigata</i> (d'Orbigny)													1					
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano									2	1								1
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)								4			2							
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny													3					
<i>Quinqueloculina costata</i> d'Orbigny																1		
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i> d'Orbigny								1										
<i>Quinqueloculina polygona</i> d'Orbigny																		
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus)																		
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny									1	1	2							
<i>Quinqueloculina</i> spp.																		
<i>Rectobolivina raphana</i> (Parker and Jones)																	1	
<i>Reussella aculeata</i> Cushman											1	1	2					
<i>Robulus lucidus</i> (Cushman)										1								
<i>Robulus nikobarensis</i> (Schwager)																		
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)																	1	
<i>Rosalina columbiensis</i> (Cushman)																		
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny																		
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny													1					
<i>Saracenaria schencki</i> Cushman and Hobson																		
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny																		
<i>Spiroloculina communis</i> Cushman																	1	
<i>Stainforthia ishikensis</i> (Asano)								1										
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)													2		2			
<i>Triloculina laevigata</i> d'Orbigny																		
<i>Triloculina rotunda</i> d'Orbigny																		
<i>Triloculina suborbicularis</i> d'Orbigny																		
<i>Triloculina suttuensis</i> Asano																		
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny																		
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)														3				
<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager																		
<i>Uvigerina yabei</i> Asano																		
<i>Virgulina bramlettei</i> Galloway and Morrey								1				1	1					
<i>Valvulineria hamanaoensis</i> Ishiwada									1	5		2	1					
<i>Valvulineria sadonica</i> Asano																		
Genus and sp. indet.											1	1			5			
Total number of benthic foraminifera	0	0	0	0	0	2	6	12	20	15	25	30	17	2	5	10	4	7
Planktonic foraminifera																		
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli																		
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny								1	1	1			2					
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland																		
<i>Globigerina</i> spp.																		
<i>Globigerinella aequilateralis</i> (Brady)																		
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)											1							
<i>Globigerinita gultinata</i> (Egger)																		
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)																		
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)																		
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)								1			1							1
<i>Globorotalia inflata</i> d'Orbigny												1					1	1
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)																		
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)																		
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny																		
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parke and Jones)									1									
Genus and sp. indet.											1							
Total number of planktonic foraminifera	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	4	0	2	0	0	1	1	1
Total number of foraminifera	0	0	0	0	0	2	6	14	22	16	29	30	19	2	5	11	5	8
Planktonic foraminifera ratio (%)	0	0	0	0	0	0	0	14	9	6	14	0	11	0	0	9	20	13
Total number of foraminifera/ 80g	0	0	0	0	0	64	192	448	704	512	1142	1097	748	73	183	433	197	293

表2 有孔虫化石の産出リスト (48.50~53.00m).

Depth of top of sample	48.50	48.82	49.10	49.50	49.71	50.05	50.25	50.50	50.75	50.90	51.00	51.25	51.50	51.75	52.00	52.25	52.50	52.75	53.00
Zone	B zone									C zone									
Benthic foraminifera																			
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)																			
<i>Ammonia ketenziensis angulata</i> (Kuwano)				2	8	9	6	6	1	1	4		5	24	16	12	20	5	18
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)	2	4	1	5		8	5	6	3	2	1	1	1	13	5	2	4	1	
<i>Bilulinella globula</i> (Bornemann)																			
<i>Bolivina durrandii</i> Millett																			
<i>Bolivina karreriana</i> Brady		1	1	2		6	4					3		3	2				1
<i>Bolivina robusta</i> Brady				1	1			1						3	5	1	10	1	
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman																			
<i>Bolivina spinescens</i> Cushman															3	2	9	4	11
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)																			4
<i>Buccella inusitata</i> Andersen																			
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny					1														
<i>Bulimina subornata</i> Brady															3	2	9	3	8
<i>Bulimina tenuata</i> Cushman	1																		
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri						1									1	2	2		3
<i>Cassidulina norcrossi</i> Cushman																1			
<i>Chrysalidinella dimorpha</i> (Brady)																			
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)																			
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)			1															1	
<i>Cymbaloporeta bradyi</i> (Cushman)																			
<i>Dentalina itai</i> Loeblich and Tappan																			
<i>Elphidium advena</i> (Cushman)		1			4	1	1	1	1				1	1		5	10	4	7
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)				2									1	1					
<i>Elphidium excavatum clavatum</i> Cushman		1				2		4	4	1	1	1	2	3	4	7	3	1	8
<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman)										1	1	1	1						1
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman										1	1	1	1		1		1		1
<i>Elphidium</i> spp.			1												1				
<i>Epistominella tamana</i> (Kawano)																			1
<i>Fissurina cucurbitasema</i> Loeblich and Tappan																			
<i>Globobulimina perversa</i> (Cushman)																			
<i>Guttulina austriaca</i> d'Orbigny						1													
<i>Guttulina regina</i> (Brady, Parker and Jones)			1																
<i>Gyroldina nipponicus</i> Ishizaki															1		1		
<i>Gyroldina profunda</i> Aoki																			
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano																			
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)																		1	
<i>Hyalinea balthica</i> (Schroter)															1		2		
<i>Lagena clavata</i> Williamson							1												
<i>Lagena hispida</i> Cushman										1									
<i>Lagena semilineata</i> Wright																			
<i>Lagena spicata</i> (Cushman and McCulloch)		1			1	2	2	4					1	2		1			
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)																		1	
<i>Lagena</i> sp.								1											
<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)						3	1			1	3		1	2					
<i>Massilina milleti</i> (Wiesner)																			
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)																			
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel and Moll)							1	1											5
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann)																			
<i>Neoconorbina stachi</i> (Asano)																			1
<i>Nonion japonicus</i> Asano				4	3	8	6	1	3	4	2		2	4	4	6	4	2	4
<i>Oolina melo</i> d'Orbigny																1			1
<i>Planularia planulata</i> (Galloway and Wissler)																			
<i>Pseudoglandulina laevigata</i> (d'Orbigny)	1														1		1		
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano	1	2	1																
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)				5	3	8	4				1			1		1	3		
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny																			3
<i>Quinqueloculina costata</i> d'Orbigny																			
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i> d'Orbigny																			
<i>Quinqueloculina polygona</i> d'Orbigny																			
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus)																			
<i>Quinqueloculina vulgarens</i> d'Orbigny							2							1	3				
<i>Quinqueloculina</i> spp.																1			
<i>Rectobolovina raphana</i> (Parker and Jones)			1		2	5	3	1											
<i>Reussella aculeata</i> Cushman																			1
<i>Robulus lucidus</i> (Cushman)		1				1		1		1					5		3		
<i>Robulus nikobarensis</i> (Schwager)								1											
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)																			7
<i>Rosalina columbiensis</i> (Cushman)																			
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny																			
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny										1	2	2	1	1	1				1
<i>Saracenaria schencki</i> Cushman and Hobson																	1		
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny						1	1											1	
<i>Spiroloculina communis</i> Cushman																			
<i>Stainforthia ishikiensis</i> (Asano)															1				
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)																			2
<i>Triloculina laevigata</i> d'Orbigny								1											
<i>Triloculina rotunda</i> d'Orbigny																		1	
<i>Triloculina suborbicularis</i> d'Orbigny																			1
<i>Triloculina suttuensis</i> Asano																			
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny																			1
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)		1													3			1	
<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager																		1	1
<i>Uvigerina yabei</i> Asano	1	2																	
<i>Virgulina bramlettei</i> Galloway and Morrey															1			5	
<i>Valvulineria hamanaoensis</i> Ishiwada										2					1	5		2	1
<i>Valvulineria sadonica</i> Asano																			
<i>Genus and sp. indet.</i>			1		1	2	1												1
Total number of benthic foraminifera	6	14	8	21	24	59	39	27	18	13	16	9	15	68	52	51	95	31	83
Planktonic foraminifera																			
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Boli																			
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny			1		8	15	9	5	1	7			6	16	2		2	1	3
<i>Globigerina quinqueloba</i> Netland				1		3			2	2								1	2
<i>Globigerina</i> spp.													1						
<i>Globigerinella aequilateralis</i> (Brady)							4												1
<i>Globigerinella obesa</i> (Boli)					3	6		2	1	2			1	1			1	1	
<i>Globigerinita guttinata</i> (Egger)																	3		
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)	1																		
<i>Globigerinoides quadlobatus</i> (d'Orbigny)													3	3	1	4	4		
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	3	1	2	4	19		3	5	7				6	25	1	2	3		2
<i>Globorotalia inflata</i> d'Orbigny				1	3	9				1					2				
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)																			
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)						2		1		1	2	1	2	6				1	2
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny						1													
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parke and Jones)		2	1			2				1					2				
<i>Genus and sp. indet.</i>																			
Total number of planktonic foraminifera	0	6	3	5	18	61	9	11	10	20	2	1	19	55	6	12	10	7	13
Total number of foraminifera	6	20	11	26	42	120	48	38	28	33	18	10	34	123	58	63	105	38	96
Planktonic foraminifera ratio (%)	0	30	27	19	43	51	19	29	36</										

三保半島真崎の大地はいつできたか

表3 有孔虫化石の産出リスト (53.25~57.75m).

Depth of top of sample	53.25	53.50	53.75	54.00	54.25	54.50	54.75	55.09	55.25	55.50	55.75	56.15	56.25	56.50	56.75	57.17	57.25	57.50	57.75
Zone	C zone										D zone								
Benthic foraminifera																			
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)													4	3		2	2	1	1
<i>Ammonia ketenziensis angulata</i> (Kuwano)	15	21	18	10	6	3	3	11	12	4			4	4	3	8	6	5	18
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)		3	4	1		1							1	1		1			2
<i>Bilocolina globula</i> (Bornemann)			1																
<i>Bolivina durrandii</i> Millett		1		2	2											1			1
<i>Bolivina karreriana</i> Brady	1		1	1														1	
<i>Bolivina robusta</i> Brady	4	5	3	1	4	1			1	1				1	3	10	2	2	1
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman																			
<i>Bolivina spinescens</i> Cushman	15	15	15		3	1				1				1				1	
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)	1			1	3		1	2		1			1	4	3	2	1		
<i>Buccella inusitata</i> Andersen				1		5			1										
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny					1								1						
<i>Bulimina subornata</i> Brady	25	15	25	12	12	5	4	3	3	1			3	3	6	16	7	11	4
<i>Bulimina tenuata</i> Cushman																			
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri	11	1		2		2								1	1	2	1		1
<i>Cassidulina norcrossi</i> Cushman																			
<i>Chrysalidina dimorpha</i> (Brady)	1																		
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)	9	1	2	4				1								1			
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)																			
<i>Cymbaloporeta bradyi</i> (Cushman)	1																		
<i>Dentalina itai</i> Loeblich and Tappan										1									
<i>Elphidium advena</i> (Cushman)	23	6	16	7	7	4	3	11	5	6			11	16	10	15	10	6	2
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)																			
<i>Elphidium excavatum clavatum</i> Cushman	11	9	13	6	12	4	1	3	7	1			6	1	4	14	9	5	8
<i>Elphidium jensei</i> (Cushman)																1		1	1
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman									1							2	2	1	
<i>Elphidium</i> spp.	1		2												1	1			
<i>Epistominella tamana</i> (Kawano)																1	1		
<i>Fissurina cucurbitasema</i> Loeblich and Tappan																1			
<i>Globobulimina perversa</i> (Cushman)																			
<i>Guttulina austriaca</i> d'Orbigny																			
<i>Guttulina regina</i> (Brady, Parker and Jones)																			
<i>Gyroldina nipponicus</i> Ishizaki	5	5	3	1	2			1	3						3	2	1		2
<i>Gyroldina profunda</i> Aoki																			
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano														1					
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)																			
<i>Hyalinea balthica</i> (Schroter)	1																		
<i>Lagena clavata</i> Williamson																	1		
<i>Lagena hispida</i> Cushman																			
<i>Lagena semilineata</i> Wright																			
<i>Lagena spicata</i> (Cushman and McCulloch)	1	3		1	2	1	1		2	1					4			1	
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)																			
<i>Lagena</i> sp.																			
<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)		1																	
<i>Massilina milleti</i> (Wiesner)						1													
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)	1																		
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel and Moll)	13	2	4	3	1	1		3	1				4			4	1	2	4
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann)			2		3											2		1	
<i>Neocorbina stachi</i> (Asano)																			
<i>Nonion japonicus</i> Asano	15	10	17	6	8	1		3	2	2			3	3	5	10	5	2	7
<i>Oolina melo</i> d'Orbigny		2	2				1		1										1
<i>Planularia planulata</i> (Galloway and Wissler)		1																	
<i>Pseudoglandulina laevigata</i> (d'Orbigny)					1														
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano						2								1	1				
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)	1				3			1						1	3		6	2	6
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny																			
<i>Quinqueloculina costata</i> d'Orbigny			1																
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i> d'Orbigny						1													
<i>Quinqueloculina polygona</i> d'Orbigny																			
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus)						1	1	1	2					2		1			
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny	4	5	4					1		2			5	9		1	2		
<i>Quinqueloculina</i> spp.	4													1	2				1
<i>Rectobolivina raphana</i> (Parker and Jones)				3															
<i>Reussella aculeata</i> Cushman	4	4		1	2									1	3		2		2
<i>Robulus lucidus</i> (Cushman)	1	1	2	1														1	1
<i>Robulus nikobarensis</i> (Schwager)					1	2													
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	7		1		2														
<i>Rosalina columbiensis</i> (Cushman)						1													
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny								3	1										
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny	2	10	1	6	7	1									1				
<i>Saracenaria schencki</i> Cushman and Hobson									1										
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny						1													
<i>Spiroloculina communis</i> Cushman			1																
<i>Stainforthia ishikiensis</i> (Asano)																			
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)		2																	
<i>Triloculina laevigata</i> d'Orbigny																			
<i>Triloculina rotunda</i> d'Orbigny		1																	
<i>Triloculina suborbicularis</i> d'Orbigny																			
<i>Triloculina suttuensis</i> Asano	4		5																
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny																			
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)				1			1												
<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager	8	8		4	9	6	5	3	4	4			4	2	4	15	9	9	16
<i>Uvigerina yabei</i> Asano																			
<i>Virgulina bramlettei</i> Galloway and Morrey	2	3	4	1			1												
<i>Valvulineria hamanaoensis</i> Ishiwada																1			
<i>Valvulineria sadonica</i> Asano	5															2			
<i>Genus and sp. indet.</i>	2		1	1															
Total number of benthic foraminifera	197	135	148	77	91	44	22	48	47	25	0	42	53	58	114	70	49	8	74
Planktonic foraminifera																			
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli		10	9	7		2										3	1		1
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	14	14	13	4	4	2	1		2				4		4	6	3	3	1
<i>Globigerina quinqueloba</i> Netland	7		4										1						
<i>Globigerina</i> spp.																			
<i>Globigerinella aequililateralis</i> (Brady)	10	4		1	6	3	1		3				4	2		2	6		2
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)				1									2						1
<i>Globigerinita guttinata</i> (Egger)																			
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)																			
<i>Globigerinoides quadlobatus</i> (d'Orbigny)		3				2	4			1									1
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	5	2	4	2	4					1					2	3	1	5	1
<i>Globorotalia inflata</i> d'Orbigny																			
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)																			
<i>Neoglobobulimina dutertrei</i> (d'Orbigny)				2															
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny																			
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parke and Jones)																			
<i>Genus and sp. indet.</i>			2												1				
Total number of planktonic foraminifera	46	32	32	8	16	7	6	0	5	2	0	11	2	7	14	12	8	1	6
Total number of foraminifera	243	167																	

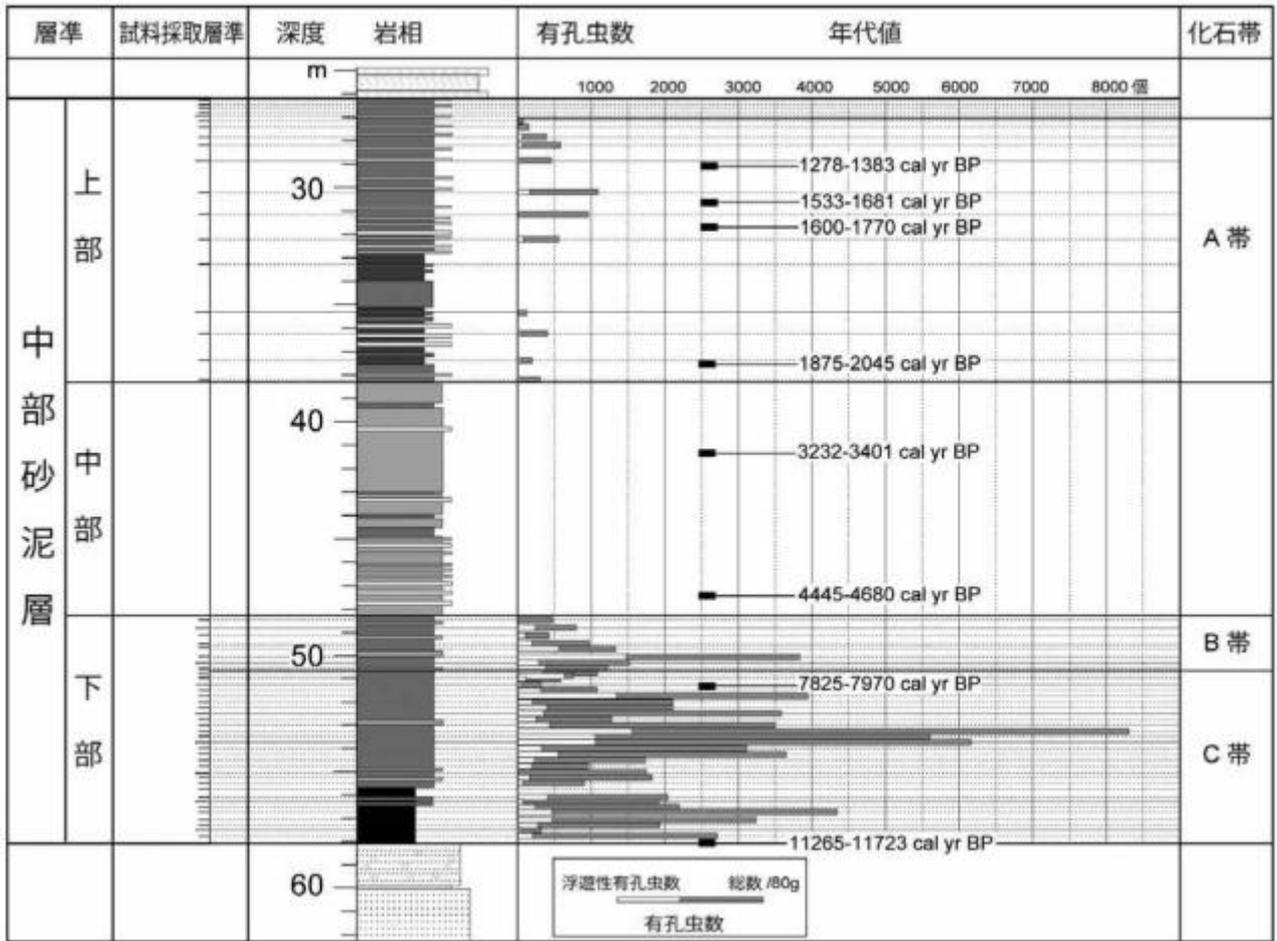


図4 中部砂泥層の各試料から産出した有孔虫化石の80g当たりの乾燥試料数量の層位変化と有孔虫化石の生層序帯(化石帯)区分. 岩相の凡例は図2を参照.

scalaris, *Lagena spicata*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Quinqueloculina vulgaris*がある. *Bulimina subornata*と*Cassidulina carinata*, *Gyroidina nipponica*, *Virgulina bramlette*, *Valvulineria hamanakoensis*は, 52.00mから下位の層準に多く認められ, *Uvigerina proboscidea*は52.50mから下位の層準に多く認められる.

産出範囲がある程度限られる種は, 以下の通りである. *Rectobolivina raphana*は54.00mと49.10m~50.50mに限られて産出する. *Lenticulina calar*は53.50mと50.05m~50.90mの範囲に産出し, *Rosalina vilardeboana*は50.75m~54.50mに, *Rosalina bradyi*は52.75m~54.25mの範囲にほぼ産出する. そして, *Ammonia japonica*は56.15m以下の層準に限られて産出する.

有孔虫化石に含まれる浮遊性種の割合は, 総産出量の少ない試料を除けば, その多くが10~20%であるが, 48.82m~50.90mと51.50m~51.75mの試料でほとんど20%以上である. 前者の範囲のうち最大を示

すのは50.90mで61%, 次いで50.05mの51%である. 後者の範囲では51.50mが56%, 51.75mが45%と高率を示す.

浮遊性種は, 上部では有孔虫化石の産出個体数が少ないため, あまり産出しないが, *Globigerina bulloides*と*Globigerinoides ruber*は全般にわたり産出する. 下部では, 上述の2種に加えて*Globigerina angustiumbilitata*, *Globigerinella aequilateralis*, *Globigerinella obesa*などが産し, *Globorotalia inflata*もいくつかの層準で産する.

これら有孔虫化石の産出特徴から, 中部砂泥層を上位からA~C帯の3つの化石帯に区分する.

A帯

A帯は, 27.08m~38.18mの範囲で, 中部砂泥層の上部に相当する. 有孔虫化石の産出量が少なく, 最大は30.20mの1,142個体/80gである. *A. ketienziensis angulata*と*E. excavatum clavatum*がほとんどの試料から産出し, *Bolivina karreriana*や*Cibicides aknerianus*, *E. advena*, *N. japonicus*, *Q. vulgaris*

もみられる。

B帯

B帯は、48.50m～50.50mの範囲で、中部砂泥層の下部の最上部に相当する。有孔虫化石の産出量は244～3,840個体/80gで、最大の層準は50.05mである。この帯の特徴として、浮遊性種の産出量が多く、ほとんどの試料で20%以上であり、最大が50.90mの61%である。底生種では、*A. ketienziensis angulata*と*A. scalaris*, *Buccella frigida*, *E. advena*, *E. excavatum clavatum*, *L. spicata*, *N. japonicus*, *P. gaimardii*が産し、*R. raphana*がほぼこの帯に限られて産出する。

C帯

C帯は50.75m～57.75mの範囲で、有孔虫化石の産出量は、この帯の上部と下部は少なく、中部で多く、特に53.25m～53.75mの範囲で6,000個体/80g以上の産出量がある。浮遊性種の含まれる割合は本帯の上部にあたる50.75m～51.75mの範囲で大きく、それ以外は20%以下と小さい。底生種では、*A. ketienziensis angulata*と*A. scalaris*, *Bolivina robusta*, *E. advena*, *E. excavatum clavatum*, *L. spicata*, *N. japonicus*が産し、51.75mより下位からは*Bolivina spinescens*と*B. subornata*, *B. frigida*, *C. carinata*, *Gyroidina nipponicus*, *Melonis pompilioides*, *Reussella aculeata*, *U. proboscidea*, *Virgulina bramlettei*, *V. hamanakoensis*も産する。なお、上部にあたる50.75m～51.75mの範囲で*R. vilardeboana*と*L. calar*がほぼその範囲に限って産する。また、下部の55.75m～57.75mの範囲は中部砂泥層の最下部のシルト層に相当し、この範囲のうち56.15mより下位の範囲の多くで*Ammonia japonica*が産する。

考 察

堆積環境の推定

石原・水野(2016)は、本論の最下部砂礫層にあたるユニット1を、岩相およびその上位の下部砂層にあたるユニット2の年代値が11,500–11,350cal yr BPであることから、最終氷期の堆積物で、三保半島の完新統の基盤を構成するものとした。その上位のユニット2は、貝殻片を含むその岩相から河口付近で堆積した後氷期の海進期初期の堆積物と推定した。中部砂泥層にあたるユニット3については、海生の貝化石やカニの化石の産出とその岩相から、外洋的

環境で堆積した完新世の海成堆積物とした。そして、上部砂礫層にあたるユニット4は、三保半島を構成する堆積物とした。

本研究では、中部砂泥層の有孔虫化石について調査したため、主に中部砂泥層の堆積環境の変化について考察する。石原ほか(2014)では、下部砂層の最上部からは11,500–11,350cal yr BPという年代値が得られていて、それにより石原・水野(2016)が指摘したように中部砂泥層の下部付近は後氷期の海進期堆積物と考えられる。なお、中部砂泥層の上部の深度29.27mからは、1,278–1,383cal yr BPという年代値が得られている(石原ほか, 2014)。

底生有孔虫種は全般にわたり*Ammonia ketienziensis angulata*, *Elphidium advena*, *Elphidium excavatum clavatum*, *Nonion japonicus*が多産し、また浮遊性有孔虫も含まれ、A帯では、有孔虫化石の産出量も少なく、採取した本コア試料全般にわたって産出する上記の種以外に、*Bolivina karreriana*と*Cibicides aknerianus*, *Quinqueloculina vulgaris*がみられる。岸(1990MS)は、三保半島の東側大陸棚海域の北駒越海底峡谷から吹上ノ岬海脚に至る羽衣海脚周辺の水深20m～約500mの現在の底質中の有孔虫の分布を調べ、生体有孔虫の分布を8帯に、遺骸有孔虫の分布を7帯に区分した。A帯の種構成は、岸(1990MS)の*B. karreriana*と*C. aknerianus*で特徴づけられる生体分布帯の*Loxostomum karreriana*帯に類似し、*L. karreriana*帯は羽衣海脚の水深20～40mに分布する。このことから、A帯は、現在の羽衣海脚浅部のような水深20～40mの内側陸棚の海底に堆積したと考えられる。

B帯は、*Rectobolivina raphana*がほぼこの帯に限られて産出する特徴をもち、コア試料全般に産出する*A. ketienziensis angulata*と*Amphicoryna scalaris*, *Lagena spicata*, *Buccella frigida*, *E. advena*, *E. excavatum clavatum*, *N. japonicus*, *Pseudorotalia gaimardii*などの種をとまなうことから、柴ほか(2012)のI群集および近藤(1986)の種群I、的場(1970)の中浅海帯と類似する。柴ほか(2012)と近藤(1986)はこの種群を水深100m以浅の沿岸水ないし表層水上部の種群と推定して、的場(1970)は中浅海帯を水深50～80mの沿岸の海底としている。また、この帯は浮遊性種の産出割合も比較的高い。B帯の種構成は、岸(1990MS)の*Cibicides*属–*Siphoenerina raphana*帯に類似し、この帯は羽衣海

脚の水深約60m付近に分布する。また、岸(1990MS)では浮遊性有孔虫は水深0~40mではきわめて少ないが、水深40~150mでは水深に比例してその割合が増加する。これらのことから、B帯は、水深50~80mの現在の羽衣海脚の海底のような環境で堆積したと考えられる。

C帯は、B帯と類似するが、全般に産する種に加えて*Bolivina robusta*, *Bolivina spinescens*と*Bulimina subornata*, *B. frigida*, *Cassidulina carinata*, *Gyroidina nipponicus*, *Melonis pompilioides*, *Reussella aculeata*, *Uvigerina proboscidea*, *Virgulina bramlettei*, *Valvulineria hamanakoensis*などが産出する。この種構成は、Inoue (1989)の駿河湾における*Bolivina robusta*群集に類似する。Inoue (1989)の*B. robusta*群集は、水深265m以深の上部漸深海帯の群集とされている。また、Inoue (1989)によれば、*U. proboscidea*は日本海域では上部漸深海帯の群集に含まれているとされるが、フィリピン海域では水深50~60mの群集に含まれるとされる。C帯上部(深度51.75m以上)では浮遊性種の割合が多いが、下部ではその割合が少なくなる。岸(1990MS)の浮遊性有孔虫の割合についての見解に従えば、このことはC帯下部が水深40mより浅い海底に堆積したことを示唆する。なお、C帯は岸(1990MS)の羽衣海脚北側の水深20~50m付近に分布する*Cibicides*属-*L. karreriana*帯に対比される可能性があるが、本コア試料では*Cibicides*属の産出が少なく、それと直接対比することができない。これらのことを総合して、C帯は水深40~50m付近の現在の羽衣海脚のような外洋に面した大陸棚の海底に堆積したと考えられる。

後氷期の海水準上昇と三保半島の形成

依田ほか(1998, 2000)は、三保半島沖羽衣海脚での音波探査解析に基づき、三保半島沖の層序を下位から音響基盤、B層、A2層、A1層、A0層に区分した。さらに、それらの分布深度と内部反射形態、各層の重なり様式から、三保半島の砂嘴がウルム氷期末期以降の海水準上昇期中の2度の停滞期と、縄文海進期後の海水準降下期に形成されたとした。

図5は、依田ほか(1998)が松島(1987)とSaito(1994)の海水準変動曲線を引用して作成したウルム氷期末期以降の海水準変化と三保半島を構成する後氷期の堆積層の堆積時期を示す図に、本コア試料

の岩相柱状と化石帯の時代を加えたものである。この図によると、ウルム氷期末期の海水準は現在の水深100m付近にあり、今から約13,000年前から上昇を始めて、9,000~10,000年前に現在の水深40m付近で停滞し、さらに7,000~8,500年前に水深15~10m付近で停滞した後、さらに上昇して約6,000年前に海水準は現在より+2mにあり、その後降下して現在の海水準になった。

三保半島は、このウルム氷期末期以降の海水準上昇の停滞期と最後の降下期に、安倍川河口から海岸に沿って碎波によって運ばれた漂砂礫が堆積して複合砂嘴が形成された。依田ほか(1998, 2000)によれば、今から9,000~10,000年前に海水準が現在の水深40m付近で停滞したときに、音響基盤を覆ってB層が堆積し、7,000~8,500年前に水深15~10mに海水準が停滞したときにA2層とA1層が堆積し、そして約6,000年前以降の海水準降下期にA0層が形成された。

以下では、この海水準上昇と下降の過程と比較して、本コア試料の岩相と有孔虫の産出特徴から、本コア試料の堆積過程を推定する。

石原・水野(2016)は、本コア試料の最下部砂礫層をユニット1とし、その上位のユニット3(本稿の中部砂泥層)から11,265-11,723cal yr BPの放射性炭素年代値が得られていることから、ユニット1を最終氷期の堆積物とし、三保半島の完新統基盤を構成するものとした。また、石原・水野(2016)は、本コア試料の下部砂層をユニット2として、これは河口付近で堆積した後氷期の海進初期の堆積物とした。下部砂層の上位の中部砂泥層の基底から11,265-11,723cal yr BPの放射性炭素年代値が得られていることから、石原・水野(2016)に従い、本層を後氷期の海水準上昇期初期の堆積物と考える。

中部砂泥層の下部は、有孔虫化石帯ではB帯とC帯にあたり、推定される堆積環境としてB帯は水深50~80mの、C帯は水深40~50m付近の現在の羽衣海脚の海底のような外洋に面した大陸棚の環境に堆積したと考えられる。また、C帯の最上部の深度51.43mで7,825-7,970cal yr BPの放射性炭素年代値が得られていることから、C帯の最上部が8,500~7,000年前の海水準停滞期に堆積した可能性がある。その時の海水準は現在の水深10~15mと推定されることから、その層準のコア試料深度から10~20mを引くと、約36~41mとなり、有孔虫化石から推定した水深40~50m付近という環境とほぼ一致する。

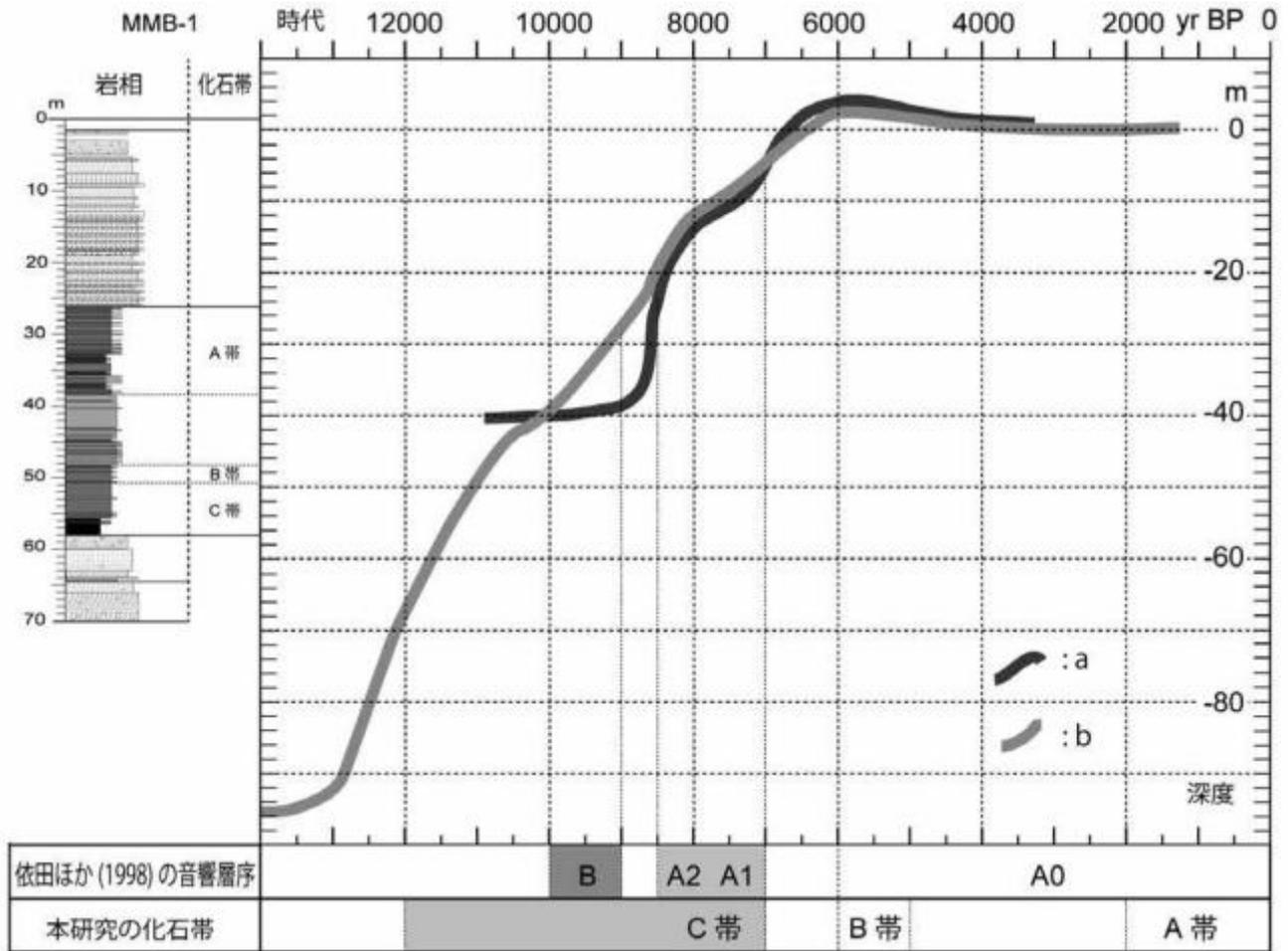


図5 ウルム氷期以降の海水準変化と三保半島を構成する最終氷期以降の堆積層の堆積時期(依田ほか, 1998)の図に本研究のコア試料の柱状図と化石帯区分を加えた。また、依田ほか(1998)の音響層序の時代と本研究の化石帯の時代も示す。a: 松島(1987)による海水準変化曲線, b: Saito(1994)の海水準変化曲線。

中部砂泥層の基底の58.15mから、11,265–11,723cal yr BPの放射性炭素年代値が得られていて、それをもとにその時の海水準を図5の海水準変化曲線から求めると現在の水深50~60mとなり、コア試料の中部砂泥層の基底深度とほぼ一致する。海水準はその後上昇して9,000~10,000年前に海水準が現在の水深40m付近で停滞し、さらに上昇して7,000~8,500年前に現在の水深10~15mで停滞したと考えられることから、中部砂泥層の下部のC帯はその期間に堆積した堆積物と考えられる。しかし、C帯が有孔虫化石から水深40~50mの環境に堆積したことを示すことから、C帯のほとんどの地層は8,500~7,000年前の海水準停滞期に堆積した可能性があり、それは依田ほか(1998, 2000)のA2層かまたはA1層に相当すると思われる。

中部砂泥層下部のB帯(48.50m~50.50m)は、C帯の最上部(深度51.431m)の7,825–7,970cal yr BPと中部砂泥層中部の下部(深度47.53m)に4,445–

4,680cal yr BPという放射性炭素年代値が得られていることから、7,000年以降の海水準上昇期から約6,000年前以降の海水準の降下期初期の堆積層と考えられる。約6,000年前に高海水準期を迎える海水準上昇は、縄文海進と呼ばれる。那須・遠藤(1996)によれば、縄文海進とは、完新世初頭(約1万年前)に始まり中期(7,000~5,500年前)に最盛期を迎えた海進のことで、海水準の最高頂期は縄文時代前期の約6,000年前で、海水準は現在より約2m高かったとされる。B帯が堆積したときの本コア試料のB帯基底は、掘削井の上端標高が+1.5mであることから水深52m(50.50m+2m)と推定され、有孔虫化石から推定した水深約60mに近似する。すなわち、B帯は水深50~60mの現在の羽衣海脚の海底のような環境で堆積したと考えられる。B帯が縄文海進期からそれ以降の海水準下降期初期の堆積層とすると、B帯は依田ほか(1998, 2000)のA0層の最下部にほぼ相当する。

石原ほか(2014)の花粉分析では、深度50m付近を境に下位からMMB-II帯とMMB-I帯の2つの花粉群集帯に区分することができ、下位のMMB-II帯は*Quercus*(コナラ属コナラ亜属)が優勢で*Cryptomeria*(スギ属)がそれに次ぎ、*Cephalotaxus*(イヌガヤ属)は上位帯と比べて産出率が高いという特徴がある一方、上位のMMB-I帯は*Cryptomeria*が高率を占め、*Taxodiaceae*(スギ科)と*Cupressaceae*(ヒノキ科)がこれに次ぐ特徴がある。このような花粉構成から、石原ほか(2014)は、MMB-II帯の古植生は暖温帯上部から冷温帯下部にかけて優勢する中間温帯林であり、MMB-I帯はスギ属を主とした温帯針葉樹林(中間温帯林)であったと考えられ、後者は前者と比較して温暖・湿潤であったと推定し、両花粉帯の境界の年代を7,000~5,000年前と推定した。すなわち、B帯の基底にあたる本コア試料の深度50.50m~50.75mの間の層準が、2つの花粉群集帯の境界にあたり、縄文海進の海氾濫面に相当すると考えられる。

A帯(28.10m~38.18m)は、中部砂泥層の上部にあたり、石原ほか(2014)によりその下部(深度37.65m)で1,875~2,045cal BP、上部(深度29.27m)で1,278~1,383cal BPという年代値が示されている。1,278~1,383cal BPという年代値は、日本の歴史でいうと飛鳥時代(592年~710年)にほぼ相当する。このときには、すでに海水準は現在とほぼ同じと考えると、本コア試料のA帯の水深は25.28m~36.68mと推定され、有孔虫化石からA帯は羽衣海脚の水深20~40mの海底と類似する環境と考えられ、推定水深もそれとほぼ一致する。

すなわち、後氷期以降の海水準上昇期の初期に、本コア試料の下部砂層が河口付近で堆積し、その上位の中部砂泥層の下部の有孔虫化石帯C帯は、約12,000年以降の海水準上昇と8,500~7,000年前の海水準停滞期に水深40~50mの現在の羽衣海脚の海底のような外洋に面した大陸棚の環境に堆積したと考えられる。そして、中部砂泥層の下部の有孔虫化石帯B帯は、7,000年前以降の縄文海進期からそれ以降の海水準下降期初期に水深50~60mのC帯と同様な海底に堆積したと考えられる。中部砂泥層の上部の有孔虫化石帯A帯は、約2,000年~1,300年前にやはり羽衣海脚の水深20~40mの海底と類似する環境に堆積したと考えられる。

なお、本コア試料の深度50.50m~50.75mの層準が

縄文海進の海氾濫面に相当すると考えられる。今から約1,300年前の飛鳥時代まで、三保半島先端の真崎は水深約20~40mの海底であり、そこに中部砂泥層上部にあたるA帯の砂質シルト層~シルト質細粒砂層が堆積し、その後上部砂礫層によりその海底は急速に埋積されたと考えられる。

また、本コア試料の深度6.05mの上部砂礫層で543~630cal yr BPという年代値が得られていることから、真崎は室町時代(1,336年~1,573年)の前期まで海底であり、その後、おそらく室町時代末期~江戸時代初期に、真崎の大地が形成されたと考えられる。すなわち、私たちの海洋学部博物館のある三保半島の真崎の地は、室町時代末期~江戸時代初期に陸域となり、その砂嘴を成長させていったと考えられる。

結 論

本研究は、三保半島の真崎の旧三保文化ランド跡地東側において、産業技術総合研究所地質調査総合センターにより2013年に実施された掘削調査で採集された全長70mのコア試料を用いて、有孔虫化石から後氷期の堆積環境の変化を推定した。本コア試料は、上部の約1.50mの埋積土層を除き、下位より深度64.42~70.00mが最下部砂礫層、深度58.14~64.42mが下部砂層、深度26.10~58.14mが中部砂泥層、深度1.50~26.10mが上部砂礫層からなる。

有孔虫化石は、中部砂泥層の泥層~極細粒砂層から試料を採取して処理・摘出し、種構成の解析を行った。そして、有孔虫化石の産出特徴から上位よりA帯、B帯、C帯の有孔虫化石帯を区別した。中部砂泥層上部の有孔虫化石帯A帯は、約2,000年~1,300年前に水深20~40mの海底に堆積したと考えられ、B帯は7,000年前以降の縄文海進期からそれ以降の海水準下降期初期に水深50~60mの海底で、C帯は約12,000年以降の海水準上昇と8,500~7,000年前の海水準停滞期に水深40~50mの現在の羽衣海脚の海底のような外洋に面した大陸棚の環境に堆積したと考えられる。

今から約1,300年前の飛鳥時代には三保半島の真崎は水深約20~40mの海底であり、その後上部砂礫層によりその海底は急速に埋積された。そして、私たちの働く海洋学部博物館のあるところは、室町時代末期~江戸時代初期に陸域となったと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、産業技術総合研究所には東海大学自然史博物館に本コア試料を寄贈いただき、研究の機会を与えていただいた。また、産業技術総合研究所地質調査総合センターの水野清秀氏にはコア試料のデータ等についてご教授頂いた。東海大学海洋学部の坂本 泉准教授には研究全般を通じてご支援を頂き、田中 彰教授には走査型電子顕微鏡による写真撮影でお世話になった。本稿の査読者には、内容について細部にわたり適切なお指摘を頂き、本稿の改善に大きく役立てることができた。これらの方々々に感謝する。

引用文献

石原武志・水野清秀 (2016) 駿河湾北部沿岸域における平野地下の浅部地質構造。海陸シームレス地質情報集S-5, 「駿河湾北部沿岸域」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。 https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_SGMCZ_S5_2016_03.pdf. (閲覧日2017年11月1日)。

石原武志・水野清秀・本郷美佐緒・細矢卓志 (2014) 駿河湾北部の沿岸域における平野地下の第四系地質調査。平成25年度沿岸域の地質・活断層調査報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, **65**, 65-76.

Inoue, Y. (1989) North Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B*, **10**, 57-162.

岸 洋一 (1990MS) 静岡県三保半島沖の有孔虫の分布。東海大学海洋学部海洋資源学科1989年度卒業論文。

近藤康生 (1986) 静岡県後期更新世根古屋層の海進期堆積物に含まれる底生有孔虫化石の空間分布。静岡大学地球科学研究報告, **12**, 239-243.

Matoba, Y. (1967) Younger Cenozoic Foraminiferal assemblages from the Choshi District, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd ser. (Geol.)*, **38**, 221-263.

Matoba, Y. (1970) Distribution of Recent shallow water Foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, Northeast Japan, *Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd ser. (Geol.)*, **42**, 1-85

的場保望 (1970) 底棲有孔虫—日本近海における分布。海洋科学, **7**, 14-18.

松島義章 (1987) 多摩川・鶴見川低地における完新世の相対的海面変化。川崎市内沖積層の総合研究, 112-119.

那須孝悌・遠藤邦彦 (1996) 縄文海進。地学団体研究会編：地学事典, 平凡社, 597.

Saito, Y. (1994) Shelf sequence characteristic bounding surface in a wave-dominated setting: late Pleistocene-Holocene examples from Northeast Japan. *Marine Geology*, **120**, 105-127.

柴 正博・久松由季・岡崎宏美・渡邊 徹・柴 博志 (2012) 静岡市有度丘陵に分布する中部更新統根古屋層の有孔虫化石群集と堆積環境の変遷。「海・人・自然」東海大学博物館研究報告, **11**, 23-41.

柴 正博・根本直樹 (2000) II-1-4-1 有孔虫類。化石研究会編：化石の研究法—採集から最新の解析法まで—, 共立出版, 63-67.

土 隆一 (1967) 静岡・清水地域の地質。静岡商工会議所, 1-14.

依田美行・石井 良・中西のぶ江・田中政仁・根元謙次 (1998) 三保半島沖大陸棚の堆積構造からみた三保半島の形成過程。東海大学紀要海洋学部, **45**, 101-119.

依田美行・黒石 修・根元謙次 (2000) 堆積シーケンスからみた三保半島及び半島沖大陸棚の形成。海洋調査技術, **12** (2), 31-47.

水槽内におけるミヤコイシモチ *Ostorhinchus ishigakiensis* の繁殖と育成¹⁾

長谷部 阿由美²⁾

Reproductive Behavior, Larval Development and Rearing of Captive Cardinalfish, *Ostorhinchus ishigakiensis* (Ida and Moyer) in the Tank.¹⁾

Ayumi HASEBE²⁾

Abstract

Reproductive behavior and morphological changes in aquarium-held juvenile cardinalfish (*Ostorhinchus ishigakiensis*) are reported. Before spawning of the parental pair, the male actively moved toward the female whilst exhibiting courtship behavior (mouth opening and lower jaw isthmus inflated). Just before spawning, the female acted aggressively toward the male, pulling and chewing on its abdomen, before both fish repeatedly positioned their abdomens together, each shaking its tail violently. Post spawning, the male held the egg mass in its mouth until hatching, 12 or 13 days later. Newly-hatched larvae were 3.82-4.09mm in total length, with a small yolk. They reached 6.20-11.40mm in total length 20 days after hatching, at which time the number of fin spines and rays reached the final complement for the species. Thirty days after hatching, juveniles were 8.27-16.95mm in total length and had similar first dorsal fin spotting as the parents. Eggs were noted in the abdomen of individuals which died 260-400 days after hatching.

諸 言

ミヤコイシモチ *Ostorhinchus ishigakiensis* (Ida and Moyer, 1974) はテンジクダイ科スジイシモチ属に属し、体長6 cmほどになる。本種は内湾性で藻場周辺や砂泥底を好み、サンゴや沈下物に群生する。台湾南部や西太平洋の熱帯域に分布し、本邦では琉球列島に生息することが知られる (林, 1997; 林, 2013)。

本種の繁殖は、他の多くのテンジクダイ科魚類と同様に、雄親が口腔内で卵塊を哺育する習性があることで知られている (Ida and Moyer, 1974)。これまでに、卵及び25日齢までの仔稚魚の形態変化について報告されているが (野田・立原, 2004)、断片的

な情報しかなく25日齢以降は参照できなかった。著者は、2015年3月1日に熱帯魚商から入手した本種を水槽内で飼育したところ、翌月の4月16日に口腔内に卵を保有する雄個体を確認した。2017年9月30日までに6回の孵化仔魚を得て育成し、繁殖行動と成長に伴う形態変化についての知見を得たため報告する。

材料と方法

1. 親魚入手と飼育及び観察

親魚は、2015年3月1日に熱帯魚商を通じて沖縄県石垣島産の成魚10個体を入手し、同年3月6日より東海大学海洋科学博物館のサンゴ礁で見られるア

¹⁾ 東海大学海洋科学博物館研究業績 No. 251.

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 251.

²⁾ 東海大学海洋科学博物館 424-8620, 静岡県静岡市清水区三保2389

Marine Science Museum, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8620, Japan

マモ場を再現した展示水槽に収容した。2016年11月15日の測定では平均全長79.4mm (n=3)であった。外見から識別できる明瞭な特徴が無いことから、個体識別はしなかった。展示水槽は容量約550L (1200×600×700Hmm)の透明アクリル製水槽で、他の展示水槽(総量約4000L)と共用で水温調節、濾過循環が装備されている。飼育水槽にはリュウキュウスガモ*Thalassia hemprichii*などの海草類を育成展示している他、本種以外にヘコアユ*Aeoliscus strigatus*、コブヒトデ*Protoreaster nodosus*など、7種約30点の他種生物が同居飼育していた。飼育水温は24±1℃に設定し、水槽照明は400Wメタルハライドランプ1灯を用いて、通常は8～17時の間点灯した。餌料には、魚介類(オキアミ、アサリ、アジ)の混合ミンチ状と市販の人工餌料を適量与えた。

繁殖行動の観察は、口腔内に卵を保有する雄個体を初めて確認した2015年4月16日から2017年9月30日まで、水槽越しに目視によって行ったほか、必要に応じてデジタルHDビデオカメラと、デジタルカメラによる撮影を行った。雄親による卵保護の確認は9時・12時・17時を目安に、1日最低3回ほぼ毎日行った。卵保護期間は、卵の保有を前述の定期観察時に初めて確認した日を、卵保護開始1日目として計数した。

2. 卵・仔稚魚の飼育及び観察

卵の観察には、卵保護1日目の雄親を手網によって掬い上げ、ピンセットを用いて強制的に吐き出させた卵塊を用いた。卵の形態観察は、光学顕微鏡下での観察と、デジタルカメラによる写真撮影を併せて行った。卵数は、卵塊を適量切り離し、光学顕微鏡下で観察しながら計数した。

仔稚魚の育成と観察には、雄親の口腔内から自然孵化した個体を用いた。孵化が予想される日の消灯直前に、親魚飼育水槽の周りを暗幕で囲い、飼育水の循環を停止して孵化を待った。孵化が開始された約1時間後に、水槽上部に懐中電灯を設置し、その光束に集まった孵化仔魚を計量カップで飼育水ごと掬うか、ビニールホース(内径約10mm)を用いて、サイフォンの原理を利用した方法で飼育水ごと採取した。採取した孵化仔魚は、側面を暗幕で囲った容量30Lの円型ポリカーボネイト製水槽に収容し、東海大学海洋科学博物館の敷地内にあり、自然光の入る実験室で育成した。

孵化仔魚育成水槽の飼育水は止水とし、エアレーションによる適度な通気を行い、ビニールホース(内径約10mm)を用いて、サイフォンの原理を利用した方法で水槽底の汚れを除去しながら毎日約10Lの換水を行った。また、ナンノクロロプシス*Nannochloropsis oculata*を添加した水色によりカレイ類仔魚の初期餌料摂餌が活性化すること(萱場ほか, 2002; 萱場, 2006)や、サンゴタツ稚魚の飼育環境に有効との知見(鈴木, 2014)を参考に、飼育水に生クロレラ(商品名:生クロレラV12, 製造販売元:クロレラ工業株式会社)を少量添加した。水温調節は100Wヒーター1本を投入し、親魚と同じ24.0℃に設定した。照明は自然光及び20W蛍光灯1灯を水槽上部に設置し、通常は9～17時の間点灯した。遊泳力が増した若魚期以降は、底面濾過付帯の透明ガラス水槽(約40/60L, 290×450×300H/600×290×360Hmm)や透明アクリル水槽(約180L, 600×600×520Hmm)に移し入れて育成と観察を継続した。

初期餌料には、アルテミア・ワムシ強化用餌料(商品名:スーパーカプセルパウダー, 製造発売元:クロレラ工業株式会社)により栄養強化を施したシオミズツボワムシ*Brachionus plicatilis* sp. complexのSS・S・L型を併用して与え、成長に応じてアルテミア*Artemia salina*のノウプリウス幼生、冷凍コペポダ、魚介類の混合ミンチへと徐々に切り替えた。

仔稚魚の形態観察は、飼育水槽から供試魚を必要数採取して、光学顕微鏡下での観察と、デジタルカメラによる写真撮影を併せて行った。また、孵化約40日以後は、飼育水槽から1cm毎の目盛があるプラスチック製観察容器(150×15×150Hmm)に必要数を移し、計測及び生体写真を撮影記録した。

観察に用いた標本は、東海大学海洋科学博物館の登録標本(仔稚魚, MSM-17-139~166, n=30; 卵塊, MSM-17-167~168, n=2)として保管した。

結 果

1. 雌雄差と縄張り形成

観察当初は外見上の雌雄差はほとんど認められなかったが、繁殖行動が確認されてから、雄は下顎峡部が膨張して卵塊を口腔内に保有することで識別が可能となった。なお、雌雄共に興奮状態になると、体表の体色や斑紋に若干の変化が見られたが、雌雄差が認められる明瞭な特徴は確認できなかった。2016



Fig. 1 Parental pair of *Ostorhinchus ishigakiensis*.

年11月末日時点で死亡により個体数が8個体となり、ペアを形成した個体の繁殖行動によって雌雄及び個体識別がやや可能になると、雌は雄に比べて、頭部の背中線がくぼむ傾向が観察された (Fig. 1)。また個体ごとに一定範囲の縄張りを持ち、自分の縄張りに同性の他個体が接近すると、相手に急接近して口で突くように威嚇する行動が確認された。

2. 繁殖行動

産卵前のペア形成時及び形成後、雄は体を傾斜し第1背鰭を立てて、主に雌の前方周囲で下顎峡部を膨出させ口を開く行動（以下、開口行動）が見られた (Fig. 2A)。雄のこの行動に対して雌は、時々雄の腹部を吻部で突く・噛むといった行動が見られた。また、1個体の雌に対して複数の雄が同時に開口行動を行う場合も見られた。雄の開口行動は、ペア形成時から産卵直前まで常時観察された。

産卵の数日前になると、雌の腹部が膨張し、個体によっては生殖孔周辺と臀鰭基底部分が赤色を呈した。

産卵直前になると、雌は雄の腹部を吻部で突くまたは噛むといった行動頻度が増加し、さらに、「自分から離れた雄を追尾する」、「頭部で雄の腹部を持ち上げる」など、雌が積極的な行動を示すようになった (Fig. 2B)。それに対して雄は産卵直前までに行われていた雌に対する開口行動の頻度が下がり、周辺を警戒して別個体の雄が雌に接近すると追い払う行動を示した。雌が腹部を雄の腹部に密着させて尾部を激しく震わせる行動を開始した後、雄はそれに

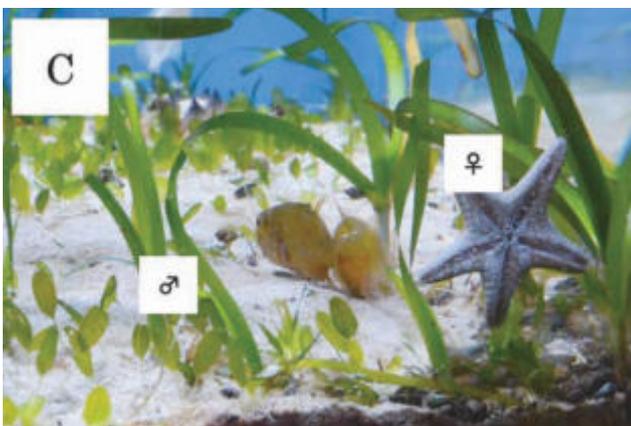
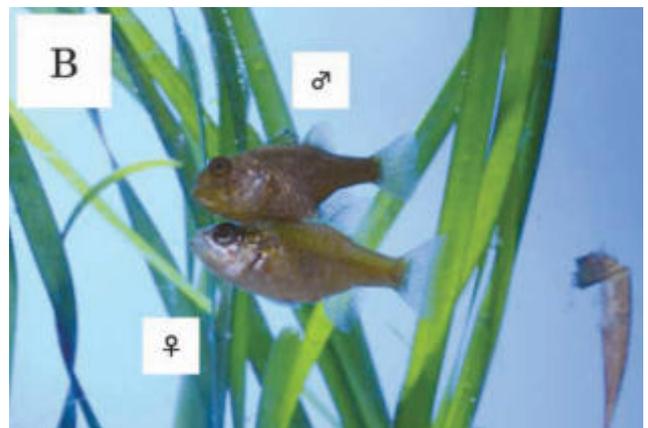


Fig. 2 Reproductive behavior of captive *O. ishigakiensis*. A: Male approaches female while mouth opening. B: Just before spawning, female acts aggressively. Figure shows female using head to lift male's abdomen. C: Male and female align abdomens and violently shake tails. D: Male holding egg mass in mouth.

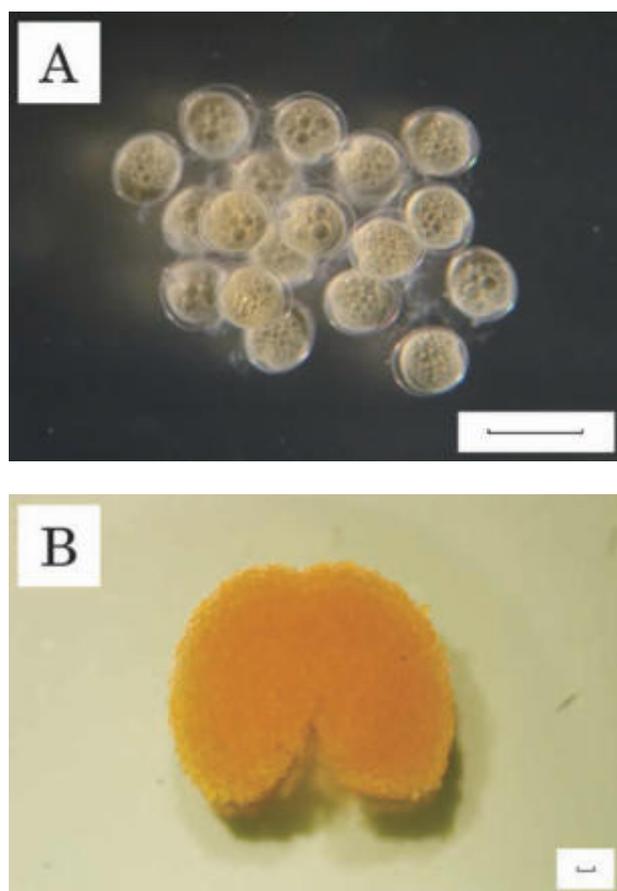


Fig. 3 Egg mass of *O. ishigakiensis*. Scales denote 1mm.
 A: Egg are connected by a bundle of adhesive filaments.
 B: Egg mass removed from mouth of male parent.

追従するように尾部を激しく震わせた (Fig. 2C). これらの行動を繰り返した後、雄の口腔内に卵が保有されたのを確認した (Fig. 2D). 卵の保有は観察期間中に74回確認し、初確認したのは主に9時頃の観察時であったが、13:00~14:00に4回、16:00~17:00に4回、23時頃に1回確認した。また、産卵中の様子を16:30~消灯前の18:00に3回、消灯後の18:00~21:00に2回確認した。

3. 卵・仔稚魚の形態と成長

受精卵は表面の付着糸によって連結した卵塊を形成する付着沈性卵で、卵黄内には大小様々の油球が存在していた (Fig. 3A). 卵塊は曲折するようにして、雄個体の口腔内に収容されていた (Fig. 3B). 卵数は未受精と思われる卵を含めて4,170~4,228粒 ($n=2$) を数え、長径0.78~0.89mm (平均±標準偏差: 0.83 ± 0.06 , $n=19$), 短径0.68~0.84mm (0.77 ± 0.09 , $n=19$) のやや楕円形であった。

卵保護開始から孵化までの所要日数は、12~13日を要した。孵化は消灯後約1時間後の18時頃から開

始し、20時には終了した。

孵化直後の仔魚は、全長3.82~4.09mm (平均±標準偏差: 3.94 ± 0.15 , $n=15$), 筋節数は $8 + 16 = 24$ が数えられた。黒色素胞が第11~22筋節にかけての尾部腹面に12個存在する他、消化管上部と鰓背面の広範囲に認められた。また、黄色素胞が眼の後方から鰓背面にかけて存在した。わずかに卵黄を保持していたが既に口は開口し、目も黒化していた。胸鰭は形成されていたが腹鰭はなく、背鰭・尾鰭・臀鰭は膜鰭状を呈して一繋がりとなっていた (Fig. 4A). 孵化直後は、弱い正の走光性を示したが、孵化約2時間後には水槽内で分散し走行性が弱くなる傾向にあった。また、外部からの振動刺激に反応して、尾部を振って逃避行動を示した。

孵化1日後、全長3.58-4.41mm (4.11 ± 0.53 , $n=15$) となり、初期餌料として与えたシオミズツボワムシの摂餌が認められた。

孵化2日後、全長3.90~4.60mm (4.27 ± 0.37 , $n=11$) となり、筋節数は $7 + 17 = 24$ が数えられた。黒色素胞が肩帯上部と耳胞周辺、下鰓蓋骨の下部に新たに認められた。また、内部及び外部前鰓蓋骨の後縁に数個の棘を確認した。卵黄は吸収され、後期仔魚期に達した (Fig. 4B).

孵化5日後、全長3.72~5.27mm (4.79 ± 1.07 , $n=12$) となり、筋節数は $7 + 17 = 24$ が数えられた。尾部腹面の黒色素胞が拡大した他、鰓の下方に1個の黒色素胞が新たに認められた。また、第2背鰭と臀鰭の原基を確認したほか、尾部末端下部に下尾軸骨の形成が認められた (Fig. 4C).

孵化10日後、全長4.76~6.05mm (5.47 ± 0.71 , $n=9$) となり、筋節数は $7 + 17 = 24$ が数えられ、脊索末端の上屈を確認した。鰓下方と肩帯上部の黒色素胞は樹枝状かつ放射状を描くように拡大し、頭頂部の中脳後方部分に左右各1個の樹枝状黒色素胞が新たに出現した。前鰓蓋骨の棘が延長し外部前鰓蓋骨の後縁に、特に鋭い2本の棘を確認した。また、第2背鰭と臀鰭に各10本の鰭条原基と尾鰭に $4 + 4 = 8$ 本の分枝軟条と数本の鰭条原基を確認した他、第1背鰭の原基が認められた (Fig. 4D).

孵化15日後、全長5.29~6.58mm (5.77 ± 0.81 , $n=7$) となり、筋節数は $7 + 17 = 24$ が数えられた。頭部の前脳部に、左右各1個の樹枝状黒色素胞が新たに出現した。第2背鰭に1棘9軟条、臀鰭に2棘8軟条の鰭条と、尾鰭に $8 + 7 = 15$ 本の分枝鰭条を確

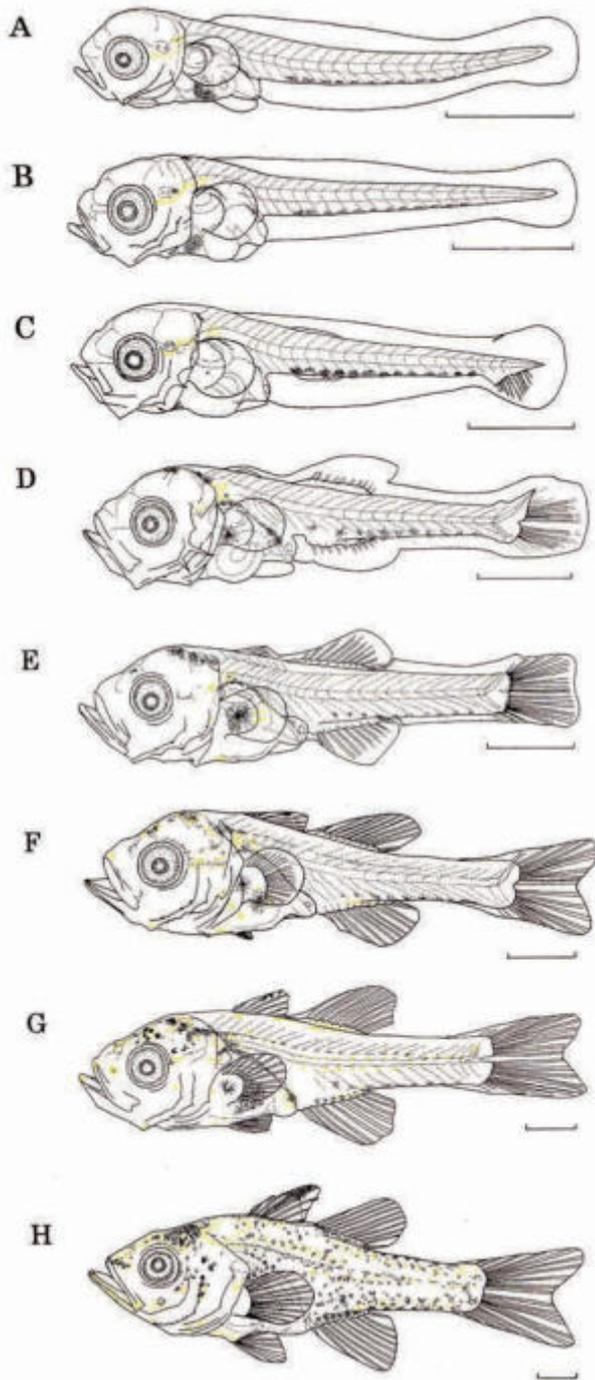


Fig. 4 Larval and juvenile of *O. ishigakiensis*. Scales denote 1mm. A: Newly-hatched larva, 3.94mm in average total length. B: Postlarva, 2 days after hatching, 4.27mm. C: Postlarva, 5 days, 4.79mm. D: Postlarva, 10 days, 5.47mm. E: Postlarva, 15 days, 5.77mm. F: Juveniles, 20 days, 7.70mm. G: Juveniles, 25 Days, 9.78mm. H: Juveniles, 30 days, 12.20mm.

認した他、一繋がりとなっていた膜状鰭の分離が認められた。また、第1背鰭に4本の棘条原基を確認し、さらに腹鰭原基が認められた (Fig. 4E)。

孵化20日後、全長6.20~11.40mm (7.70 ± 3.70 , $n = 6$) となり、筋節数は $7 + 17 = 24$ が数えられた。黒色素胞が、新たに脊索に沿っての腹部から尾部にか

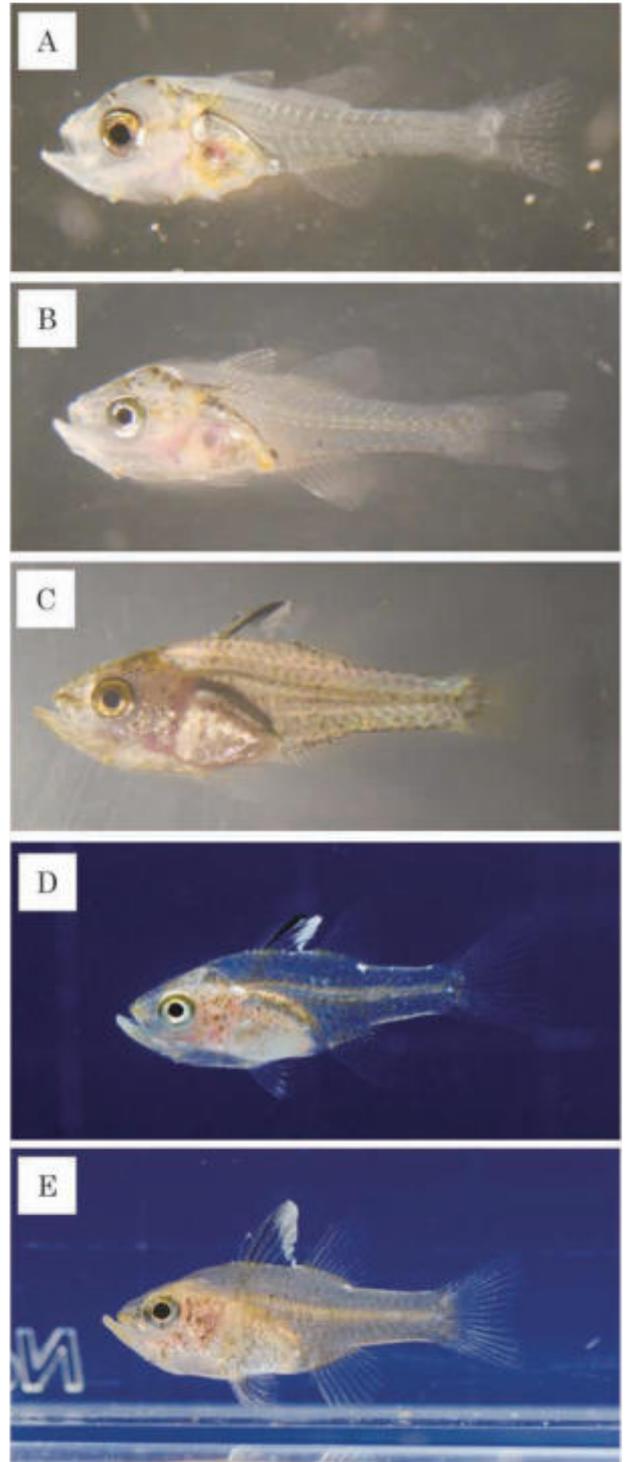


Fig. 5 Juvenile of *O. ishigakiensis*. A: 20 days after hatching, 8.60mm in total length. B: 25 days, 10.91mm. C: 30 days, 15.63mm. D: 40 days, 18.10mm. E: 50 days, 25.85mm.

けて、背中側に多数出現した。また、黄色素胞が頭頂部から鰓上部にかけてと消化器官周辺、腹部から尾部にかけて散在的に出現した。第1背鰭に7棘条、腹鰭に1棘5軟条、胸鰭に13軟条の鰭条を確認し、全ての鰭条数が本種の定数に達し、稚魚期に入った。また、第1背鰭の第3棘鰭膜上に黒色素胞が出現し

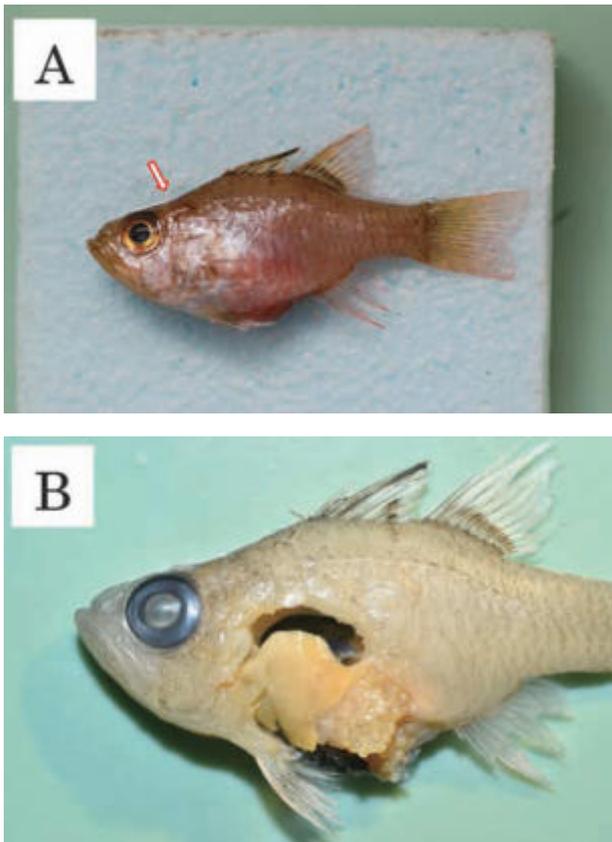


Fig. 6 305 days after hatching, 53.81mm in total length. A: Immediately after death. B: Dissected abdomen showing eggs.

た (Figs. 4F and 5A). この頃からアルテミア孵化幼生を与え始め、摂餌が認められた。孵化直後から孵化20日後までの飼育水温は23.6~28.8℃であった。

孵化25日後、全長9.00~10.91mm (9.78 ± 1.13 , $n = 5$) となり、体表全体に鱗の形成が認められた。また、黄色素胞が背鰭・臀鰭基底部分や脊椎骨に沿って多数出現した。(Figs. 4G and 5B).

孵化30日後、全長8.27~16.95mm (12.20 ± 4.75 , $n = 15$) となり、黒色素胞が体表全体に散在的に出現した。また、第1背鰭の黒色斑が背鰭基底まで伸長し、後縁に白斑を確認した。(Figs. 4H and 5C).

孵化40日後、全長13.17~21.80mm (18.48 ± 5.31 , $n = 13$) となり、第1背鰭の前端から尾柄部の背中線上に数個の白色素胞を確認し、特に第2背鰭基底の後端に他と比較してやや大型の白斑が左右に各1個認められた (Fig. 5D)。また、体全体に散在する黒色素胞と黄色素胞が重なる部分は、茶褐色を呈するようになった。この頃に底面ろ過方式の水槽に移し入れて、親魚に給餌する魚介類の混合ミンチを与えたところ、摂餌が認められた。

孵化50日後には全長20.19~27.29mm (22.95 ± 4.35 ,

$n = 12$) となり、頭部鰓蓋部の茶褐色素胞が横帯状に形成された (Fig. 5E)。

孵化90日後で全長25.72-37.75mm (32.74 ± 7.02 , $n = 21$)、孵化150日後で全長34.90~52.58mm (40.22 ± 12.36 , $n = 25$)、孵化240日後で全長44.19~63.08mm (51.46 ± 11.62 , $n = 17$) に達した。孵化260日後に死亡した体長41.15mmの1個体と304~400日後に死亡した全長53.81~74.70mm ($n = 3$) の個体を解剖したところ、腹部には発達した卵巣が見られた。また、頭部の背中線がやくぼむことを確認した (Fig. 6)。なお、孵化260日後の死亡個体は尾鰭が欠損していたため、体長を記録した。

考 察

1. 親魚の雌雄差

本科魚類の外見上による雌雄差は、繁殖行動で見られる雄の「開口行動」や雌の腹部膨張による識別の他、本種と同属のネンプツダイ *O. semilineatus* では繁殖期の雄の上顎先端に黒色の小皮褶突起が現れ、胸鰭基部前方鰓膜上に金白色の小斑が2個出現する (鈴木・上野, 1987)。カクレテンジクダイ属のクロイシモチ *Apogonichthyoides niger* では体色の相違によって識別が可能であり (長崎水族館飼育係, 1962)、求愛行動の間は雄と雌でさらに体色が変わる (Kuwamura, 1985)。本研究では、親魚の個体識別ができなかったこともあり、観察当初は明瞭な雌雄差は認められなかったが、死亡による個体数減少と繁殖行動の観察により個体識別がやや可能になると、雌は雄に比べて、頭部の背中線がくぼむ傾向が確認された。この点は、発達した卵巣を確認した死亡繁殖個体も同様の傾向が見られ、本種における成熟した雌個体の特徴であると推測される。しかし、親魚及び繁殖個体の大半は性別未確認であることと、どの時期から頭部がくぼむようになるのかは不明確であること、さらに、種苗生産の場では多くの魚種で稚魚の頭部陥没を含む形態異常が報告されており (田川, 2017)、精査が必要である。

2. 繁殖行動

これまでに報告されている本科魚類の繁殖行動は、雌の積極的な求愛行動を示から開始される場合が多い。本種と同属のクロホシイシモチ *O. notatus* では、雌が積極的な求愛行動を示し他魚を攻撃しながら盛

んに雄に体をすり寄せ、産卵2～3日前から雄も産卵誘発行動を始め雌に接近しながら体を振動しさらに進んで腹部と腹部を擦り付けるようになる(中原, 1962)。オオスジイシモチ *O. doederleini* では、雌が雄の隠れ家を訪問することでペアが形成され、形成後の求愛行動“paralle-circling”では雌が雄を鼻先で突いたり、他魚が接近すると通常は雌が攻撃する(Kawamura, 1985)。ネンブツダイでは雌の雄に対する積極的な求愛行動から始まり、ペアが形成されて約5日後に初めて雄の求愛行動が観察され、ペアが形成されて約7日後に雄が吻端を雌の肥大した腹部に当てる行動が確認され、雄の求愛行動が活発になり、ペア形成の7～10日後に産卵が行われる(鈴木・上野, 1987)。今回観察された本種の繁殖行動はこの3種とは異なり、雄の雌に対する求愛行動と思われる開口行動から始まり、卵を保有していない時はこの行動が常時観察された。産卵直前になると雌が吻部で雄の腹部を刺激し、腹部の擦り寄せも雌からであった。本種と同様に雄の求愛行動から始まる種は飼育下でのクロイシモチ(長崎水族館飼育係, 1962)の報告がある。本研究で観察された本種も雄が先行する繁殖習性を持つと考えられるが、観察時には既にペア形成がなされていたため、精査が必要である。また、雌が先行して行動をする前述3種の報告は、自然下もしくは数十個体の群れ形成がなされている飼育下での観察に対し、本研究は飼育下であり最多10個体の少数飼育であった。そのため、本研究で用いた雄個体は雌の選択肢が狭くなり、雌に対して積極的な開口行動が常時観察されたとも推測される。

本研究では雄の卵保有を初めて確認したのが主に9時ごろの観察時であったが、産卵は日中から夜間まで確認された。同属のクロホシイシモチでは11:35～14:47(Kuwamura, 1983)、キンセンイシモチ *O. properuptus* では15:00～18:00(田中ほか, 2007)、コスジイシモチ *O. endekataenia* では17:10～20:30(舟尾ほか, 2007)での産卵が報告されている。また、サンゴ礁に生息する本科魚類には、夜間に産卵する種(Kawamura, 1987; 桑村, 1989)や、早朝から日没までの調査時間において産卵行動が観察された種(林, 1999)、8:00～10:00頃に産卵する種(吉村ほか, 2017)が報告されている。多くは数時間内の特定時間帯で産卵が観察されているが、本研究では飼育下であるために人の動きや常夜灯な

どの外部刺激が産卵行動に影響を及ぼしたと考えられ、観察された産卵時間は本種の習性とは言い切れない。

3. 孵化仔魚の形態と成長

本科魚類の孵化仔魚についてはいくつかの報告例があるが、本種と同属のスジイシモチ属における既知のテンジクダイ魚類と比較検討したところ、孵化仔魚全長/孵化所要日数について、ネンブツダイは2.3mm前後/約1週間(海老名, 1932; 平井・道津, 1981; 鈴木・上野, 1987)、クロホシイシモチは3.5～4.1mm/7-9日程度(平井・道津, 1981; 桑村, 1983)、オオスジイシモチは3.0～3.3mm/最長6日(桑村, 1983)、キンセンイシモチは2.68-2.91mm/5-6日(田中ほか, 2007)、コスジイシモチは2.94～2.98mm/8-9日(舟尾ほか, 2007)であるが、本種は3.82～4.09mm/12-13日であった。本研究は、一定水温下で飼育する雄親の口腔内から自然孵化した仔魚を用いた結果であるのに対し、先述の先行研究では孵化所要日数を野外観察によって得た場合や卵塊のみを飼育して推測した場合など方法が異なる。また、孵化仔魚の測定に関しても、一部の研究ではどのようにして孵化仔魚を得たのか詳細が不明であるなど、観察方法がそれぞれ異なるが、本種は同属の中でも雄親による保護期間が長く、孵化仔魚は大型であると考えられる。

成長に伴う形態変化の観察では、小嶋(2014)で報告されている本科仔稚魚の形態と同様に、後屈曲期から初期稚魚ではやや顕著な棘要素が発達し、幼魚期頃には棘要素が退縮した。

本研究では繁殖個体による産卵行動は観察されなかったが、孵化260～400日後に死亡した個体の腹部から成熟した卵巣が見られたことから、本種は約1年で成熟すると推測される。

なお、前述した比較魚種の科と属の分類は馬淵ほか(2015)の分類体系に基づいた。

4. 育成

本研究で得られた本種の孵化仔魚は、全長約4.0mmに達していた。また、初期餌料にはシオミズツボムシのSS・S・L型を併用して与えることができたこと、育成当初の飼育水には種苗生産に関する先行研究を参考に、生クロレラを添加するなどの条件が揃ったことが、育成成功の大きな要因と考える。

謝 辞

本研究を行う機会を与えてくださり、原稿を執筆するにあたって懇切丁寧なご指導を賜った、東海大学海洋科学博物館業務課係長 鈴木宏易氏に、深くお礼申し上げます。また、同博物館業務課学芸員諸氏には、仔稚魚の計測方法や形態観察方法など多岐に渡るご指導とご協力を頂いた。心よりお礼申し上げます。

要旨・図表の英文を、ニュージーランドのGraham S. Hardy博士にご校閲いただいた。また、査読者の方には貴重なご意見とご指導をいただいた。これらの方々に謹んで感謝の意を表する。

引用文献

- 海老名謙一 (1932) ねんぶつだひ *Apogon semilineatus* T.&S. ノ口内孵化ニ就テ. 水産講習所研究報告, **27**, 17-19.
- 舟尾 隆・田中洋一・原田宗明 (2007) 飼育下でのコスジイシモチの繁殖と育成. 日本水産学会大会講演要旨集, **2007**, 32.
- 林 公義 (1997) 山溪カラー名鑑 日本の海水魚. 岡村 収・尼岡邦夫編. 株式会社明光社, 東京, 300-301.
- 林 公義 (1999) インドネシア, パンガイ島のテンジクダイ科魚類 *Pterapogon kauderni* の産卵行動. 横須賀市博物館研究報告 (自然), **46**, 41-48.
- 林 公義 (2013) 日本産魚類検索図鑑 全種の同定第三版. 中坊徹次編. 東海大学出版会, 東京, 860.
- 平井明夫・道津喜衛 (1981) 野母崎町沿岸におけるクロホシイシモチの生態・生活史. 長崎県生物学会誌, **21**, 11-18
- Ida H. and T. J. Moyer (1974) Apogonid Fishes of Miyake-Jima and Ishigaki-Jima, Japan, with Description of a New Species. Japanese Journal of Ichthyology, **21** (3), 113-128.
- 萱場孝昭・杉本 卓・佐藤敦一 (2002) マツカワ仔魚の初期摂餌及び生残に及ぼすナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 添加飼育の影響. 北海道水産試験場報告, **63**, 55-63.
- 萱場孝昭 (2006) マツカワの種苗生産技術に関する研究. 日本水産学会誌, **72** (5), 815-818.
- 小嶋純一 (2014). 日本産稚魚図鑑 第二版. 沖山宗雄編. 東海大学出版会, 東京, 731.
- Kuwamura T. (1983) Spawning Behavior and Timing of Fertilization in the Mouthbrooding Cardinalfish *Apogon notatus*. Japanese Journal of Ichthyology, **30** (1), 61-71.
- 桑村哲生 (1983) テンジクダイ科魚類の生活史における生息場所と分布状態の変化. 南紀生物, **25** (1), 13-18
- Kuwamura T. (1985) Social and reproductive behavior of three mouthbrooding cardinalfishes, *Apogon doederleini*, *A. niger* and *A. natatus*. Environmental Biology of Fishes, **13** (1), 17-24.
- Kuwamura T. (1987) Night Spawning and Paternal Mouthbrooding of the Cardinalfish *Ceiodipterus quinquelineatus*. Japanese Journal of Ichthyology, **33** (4), 431-434.
- 桑村哲生 (1989) テンジクダイ科の口内保育と婚姻形態. 魚類の繁殖行動 その様式と戦略をめぐって, 後藤 晃・前川光司編, 東海大学出版会, 東京, 140-150.
- 馬淵浩司・林 公義・Thomas H. Fraser (2015) テンジクダイ科新分類体系にもとづく亜科・族・属の標準和名の提唱. 魚類学雑誌, **62** (1), 29-49.
- 長崎水族館飼育係 (1962) 水族館における魚類生態の研究 I クロイシモチ *Apogon niger* Doderlein の産卵習性. 日本動物園水族館雑誌, **4** (4), 94-95.
- 中原官太郎 (1962) クロホシイシモチ *Apogon natatus* (HOUTTUYN) の産卵習性. 鹿児島大学水産学部紀要, **11** (1), 14-17.
- 野田 渉・立原一憲 (2004) 沖縄島におけるミヤコイシモチの産卵期と仔稚魚の形態変化. 日本魚類学会年会講演要旨, **37**, 84.
- 鈴木宏易 (2014) サンゴタツの初期生残率向上に関する試み. 東海大学博物館研究報告, **12**, 1-5.
- 鈴木克美・上野信平 (1987) 駿河湾におけるネンブツダイ *Apogon semilineatus* (テンジクダイ科) の生活史. 東海大学紀要海洋学部, **24**, 121-131.
- 田川正朋 (2017) 魚類の形態異常の概略. 魚の形は飼育環境で変わる, 有瀧真人・田川正朋・征矢野清編, 恒星社厚生閣, 東京, 1-10.
- 田中洋一・山田一幸・野本晃弘 (2007) 飼育下におけるキンセンイシモチの繁殖と育成. 日本水産学会大会講演要旨集, **2007**, 68.

吉村光太郎・森 俊彰・村井理沙・上原智行（2017）
スミツキアトヒキテンジクダイの水槽内繁殖行動および初期発育形態. 環境水族館アクアマリン
ふくしまweb site：生き物情報, <http://www.aquamarine.or.jp/images/news/ani/2017/cardinalfish.pdf>. (閲覧日2017年12月18日).

小学校の理科教育に資する海洋教育を活用した教育プログラムの開発¹⁾

伊藤 芳 英²⁾

Development of the Educational Program that Utilizes Marine Education that Contributes to Science Education at Elementary School¹⁾

Yoshihide Ito²⁾

Abstract

The education in ocean blessed Japan imposed various educational problems, and one of them is the marine education. In order to establish the marine education, introduction to the curriculum in the school education is effective, and participation by lectures of specialized institution is expected. In this research, curators of the university museum organized an educational program linked to the marine education combined with learning contents of science of 5th grade elementary school while receiving advice from elementary school teachers, and visited to elementary school to give lessons. New teaching materials related to oceanic education are Whitebait of marine fish and marine plankton. The new teaching materials of the educational program were related to marine education such as marine nature, marine life, marine and human relations, marine environmental problems, etc. It became contents related to the public's understanding of the ocean. We analyzed and validated a investigation result of questionnaires that we took surveys after the lessons about educational effects of the educational program. The subjects are 22 Shizuoka elementary schools, 1194 students and 57 teachers. The content of the educational program was proved to be effective for science in elementary school, as it was able to respond to student's intellectual curiosity and willingness to learn and obtained understanding and evaluation of teachers.

諸 言

海洋に関する総合的な教育（以下、海洋教育）の推進および普及は、海洋基本法（2007）及び海洋基本計画（2013）の基本理念に基づく海洋立国日本における重要な教育課題である。同法第11条には国民の責務として「海洋の恵沢の認識」が記され、産業、技術、調査研究など多岐に渡る海洋分野の開発及び発展に向けた人材の確保と育成がその本質として捉えられる。併せて、国民が海洋についての理解と関

心を深めることができるよう、第28条「海洋に関する国民の理解の増進等」には、「学校教育及び社会教育における海洋に関する教育の推進」及び、第12条には「関係者相互の連携及び協力」が記される。

他方、酒井（2008）によれば、海洋教育の普及推進に不可欠な具体策としては、1）海に関する教育内容の明確化、2）海洋教育を普及させるための学習環境の整備、3）海洋教育を広げ深める外部支援体制の充実、4）海洋教育の担い手となる人材の育成、5）海洋教育に関する研究の積極的推進、とい

¹⁾ 東海大学海洋科学博物館研究業績 No. 252.

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 252.

²⁾ 東海大学海洋科学博物館 424-8620, 静岡県静岡市清水区三保2389

Marine Science Museum, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8620, Japan

う5項目が挙げられている。

こうした法的背景に対して具体策が示される中、海洋教育の実施主体や実施主体と協力・連携する機関は、自治体や省庁をはじめ、学校機関、博物館、学会、地域の団体・組織、特定非営利活動法人（社団法人海洋産業研究会，2011）、高等教育機関、漁業関連団体、水族館（海洋政策研究財団 2013）等、全国で多様な活動が学校教育の場や地の利を活かした地域で行われるようになった。海洋教育は、ここで列記した中から遺漏している機関も含めて、国民に対し海洋への関心を根付かせる取り組みがみられるようになった。

一方、学校教育では、「海洋教育」を含む山積する教育課題への対応について、学習指導要領と照らした合わせた教育研究が進められている。東京都教育委員会によれば、教育課題の編成の際に「学校教育目標を達成するための基本方針」や「指導の重点」などに多様な教育課題への対応が位置付けられ、各教科等の指導の中で実践が成されている。しかし、教育課題が増大するあまり、個々の教育課題を十分に取り扱うことが難しくなっている状況もある（東京都教職員研修センター，2015，2016）。2012年3月に実施された全国アンケート調査（酒井，2013）によれば、全国の小中学校32,010校のうち6,706校から寄せられた回答では、海洋教育はほとんど行われていない現状も明らかになっている。ここに海洋教育が、時代の進展と社会の要請により生まれたいくつもの教育課題のひとつとしてその中に埋もれている現状がみられる。

本研究では、筆者である博物館の学芸員が、山積する教育課題の中から「海洋教育」を取り上げ、小学5年理科の学習項目と関連付けた教育プログラムを出張授業で実践し、その授業の検証を行った。その結果を基に本プログラムの有効性を明らかにし、理科教育に資する「海洋教育」並びに教育課題の学校教育への導入のポイントの一端を見出したので報告する。

本報で取り組む博物館学芸員による出張授業は、博物館の普及活動のうち、文部科学省の小学校学習指導要領（2008）の理科・社会・総合学習の条文に謳われた「博物館の活用」と、海洋基本計画に記される「海洋教育の充実及び海洋に関する理解増進」に應えるものである。学習指導要領には、それぞれの教科毎に「指導計画の作成と内容の取扱い」が示

され、第2章、第4節理科では「博物館や科学学習センターなどとの連携、協力を図りながらそれらを積極的に活用するよう配慮すること」、そして第5章総合的な学習の時間では「中略…博物館等の社会教育施設や社会教育関係団体等の各種団体との連携…」が謳われている。一方、博物館と小学校との連携には、いくつもの課題があるものの博物館等の職員と学校の教員が互いの連携・融合に対する意識上の距離を縮めることが極めて重要なポイントである（田村 1999）と指摘がある。博物館の立地する地元では、博学両者間の連携を後押しするように、小学校の学校運営協議会（コミュニティスクール）等が、学芸員と教員らに顔合わせや情報交換の機会を生むようになった。こうしたことから、昨今の開かれた学校では、地域ボランティアをはじめとする社会教育機関や、高等教育機関等の教育支援に取り組む人材と調査研究に基づいた資料、或いは教育プログラム等の教育資源を活用する連携が教科教育等の教育力を補う必然的な手段として取入れられるようになった。

東海大学海洋学部博物館の体験学習と出張授業

筆者が勤務する東海大学海洋学部博物館は、1999年より来館する学校団体を対象にいくつかの体験学習プログラムを実施してきた。そのため、来館される学校団体には、それらの体験学習プログラムの活用を目的として訪れる数が少なくない。訪れた小学校の引率者に対して博物館の利用目的について聞き取りを行ったところ、大半は、校外学習、公共機関・施設の利用、キャリア教育の一環などであり、「海洋教育」を目的とした博物館の活用は含まれていなかった。また、博物館で準備した個々の体験学習プログラムは、当館の学芸員が独自に構成した内容であり、学校の教科教育の内容が考慮されず、博物館へ来館した学校団体の希望する「体験活動」の選択肢であった。その為、各地の水族館が実施する「水族館の裏側探検」のようなキャリア教育に通ずるものはあったものの学校教育における教科教育との関連を図る内容のものや海洋教育を意識したプログラムの検討と準備には至っていなかった。

一方、2013年からは、館内で実施する体験学習とは異なり、海洋教育の普及および静岡市内の小学校と博物館との連携を目指した「であいふれあい授業」

(以下、出張授業)と称するアウトリーチの教育活動を立ち上げスタートさせた。出張授業は、博物館学芸員が、地元の小学校へ出向き教育普及に用いた手段である。

海洋教育プログラムの導入

本研究で開発した教育プログラムは、小学5年理科の学習支援と海洋教育の学校教育への導入を目指し組立てた。教材は、教科書に取扱われる生物等の自然由来の教材(以下、自然教材)を海洋に関連した別のものに置き換えて扱った。

学外から持ち込む教育プログラムは、学校に課せられた教育課題の解決を目指すに留まらず、理科等の教科と関連付けられ、学齢に応じた内容でなければ、学校教育で利用し難い。また、出張授業の実施者は、小学校における教科毎の限られた授業時間、または、年間授業計画の進行を妨げない配慮と内容の教育的効果を教員らに明らかにして活動に臨むことが肝要である。

本教育プログラムの内容は、学習指導要領の学習項目「水中の小さな生き物」に関連させた、海洋教育に通ずる「プランクトンの観察」をテーマに置き構成したオリジナルなものである。「海洋プランクトン」は、海洋の関連分野で学ぶ、海洋学、海洋生物学、水産資源学、魚類学、魚類生態学、地球環境学、海洋科学、水産資源学、水産学、海洋生物学等に通ずる教育資源と云える。このプログラムは、教科書の内容と照らし合わせることにより学習項目を補い、海洋教育に関連付ける構成を行った。

出張授業の実施時期は、小学校教員らの年間授業計画を優先した日程で調整を図り、学習項目が取り扱われる5月下旬から7月上旬となる。出張授業は、小学校との連携を念頭に置いた博物館の教育活動であることから、実施までに事前打合せを学芸員が小学校へ出向き1~2回行なう。更に、本出張授業は、単発的なイベントとは異なり、毎年の実施が見込まれるため、内容については、プログラムの精度を高める為の新規情報の追加は行うものの教科書が変更されない限り大きな変更を行わないことを教員と申し合わせた。博物館と学校(博学)の充実した連携を図る観点から、授業後に発生する生徒らの質問については、学校教員を通じて学芸員である筆者が対応に臨むこととした。

理科の学習項目に応える海洋の自然教材について

小学校学習指導要領 小学5年理科の学習項目(第4節 理科, 第2 各学年の目標及び内容, 第5学年, 内容, 生命・地球, (2) 動物の誕生)には、「イ. 魚は、水中の小さな生物を食べ物にして生きていること」が明記(文部科学省, 2008)される。教科書では「生命のつながり」(大日本図書, 2015)や「受けつがれる生命」(啓林館, 2010)などの学習項目を現すテーマの中に「メダカのたんじょう」の取り扱いが含まれる。学習内容は、メダカの雌雄観察, 卵発生, 飼育観察, 顕微鏡の使い方, 水中の小さな生物, 生物と環境などに区分される。

教科書で取り扱われる自然教材の「メダカ」は、かつては身近な魚類として親しまれ、過去には作詞茶木滋・作曲中田喜直の「めだかの学校」など小学校の音楽でも童謡としてなじみ深く唄われていた。しかし、本国の成長・発展と共に生息地が急速に失われ、「メダカ」は1999年2月にはレッドリスト(環境庁, 1999)へ絶滅危惧種Ⅱ類(VU)に指定され掲載された。その後、改訂版レッドリスト(環境庁, 2007)によれば、「メダカ」が、北日本集団と南日本集団に区別され、それぞれが絶滅危惧種Ⅱ類に指定された。なお、「メダカ」とよばれた種は、北日本集団がキタノメダカ *Oryzias sakaizumii*で、南日本集団がミナミメダカ *Oryzias latipes*に分類されている(中坊, 2013)。

竹花(2010)によれば、旧来より教科書で取り扱われる「メダカ」は、都市開発や人為的な放流による遺伝的攪乱(向井, 2007)と外来魚による食害など、昨今の人間活動に関連した開発の影響を受け(環境省, 2003)、身近な自然界において生息地が減少し、その姿を観る機会が失われつつあるという。このことから、教科書に取扱われる「メダカ」の名称は、水田が各地に広がるかつての里山では、子供たちに身近で耳慣れた呼び名で親しまれていた。しかし、時代は遷り変わり、学術的にもその姿とともに消えつつある呼び名と云って過言ではない。

教科書で取り扱われる自然教材には、メダカと同様に魚が食べる小さな生き物「ミジンコ」や「ケンミジンコ」と併せて「珪藻類」などの淡水プランクトンがある。都市開発など造成の進んだ小学校周辺では、「メダカ」同様に淡水プランクトンが生息可能な場所として知られる水田やため池が減少し、水はけのよい用水路の整備、急峻な河川による流出、そ

して、水質の汚染などの原因でプランクトンの生息環境が徐々に失われつつある。現状では、理科の観察実験に用いる教材の準備を目的とした採集が極めて困難となっている。そのため、小学校によっては、学校の敷地内に設置されるビオトープに自然発生した、魚類の餌料生物とは異なり教科書の画像と符号しない微生物を教材化するところもみられるようになった。さらに、学校によっては、水生生物の採集が困難であるため視聴覚教材に頼るべきとする意見もある（三木，2011；吉原，2016）。

出張授業の教育プログラムは、従来からの教材である「メダカ」を「シラス」に、そして「淡水の小さな生き物（淡水プランクトン）」を「海洋プランクトン」に置換えて取扱うことにした。教材を置換えた手法は「水中の小さな生き物は、メダカなど魚が食べ物にしている」という理科の学習項目を損なわず、「生命のつながり」の学びにおいて「水中の小さな生き物がシラスに食べられ、そして、シラスなどの魚が私たちの食べ物である」ことが伝えられる。このことにより、人と魚、魚と動物プランクトン、動物プランクトンと植物プランクトンといった食べ物を通じて人を取り巻く自然環境と生物の関係を学ぶ学習となり、生徒らの理解に通ずる身近な話題となった。

シラスは、ゆでシラス（別称、釜あげシラス）、生シラスなどの商品名で食卓ではなじみの食材である。また、海洋プランクトンは、一年を通じて出現し、本邦沿岸は、沿岸水の富栄養化の影響もあり、植物プランクトン、原生生物、動物プランクトンが豊かである。海洋プランクトンは、季節や海域、海流や天候により出現種は異なるものの、橈脚類COPEPODA、枝角類Cladocera、尾虫類Appendicularia、輪虫類ROTATORIAなど魚類の仔魚や稚魚の餌料生物である動物プランクトンとその餌となる珪藻類BACILLARIOPHYCEAEなど植物プランクトンの採集には事欠かない。その他にも多様な形態を成す底性生物Benthosや遊泳生物Nektonの幼生期（動物プランクトン）など偶来種の出現が期待できるために教材への活用は海洋の豊かな自然を伝える自然教材としてユニークである。

出張授業の事前打合せ

出張授業で欠かせない作業が、学芸員と教員らの事前打合せである。事前打合せの内容は、1) 学芸



図1 双眼実体顕微鏡1台を生徒1～2名が利用し海洋プランクトンを観察する様子。静岡市立清水辻小学校5年生 2016年6月20日。

員と教員の顔合わせ、2) 出張授業内容（教育プログラム）の説明 3) 日程の調整と授業時間の確認、4) 理科室と器材の借用依頼、5) 学習項目の進捗状況の確認などである。1回目の打合せは、前述の1)～4)の項目について行い、併せて出張授業について申込み用紙の記入をお願いする。文書のやりとりは必須である。出張授業の時間は、1クラスあたり1回の授業に2校時分・90分とした。学年に2クラスの学校では、1～2校時目、3～4校時目の2回に分け、3クラスでは、6校時目まである曜日に設定し、4クラスでは、2日に振り分けて行なう。

2回目の打合せは、出張授業直前に行う。授業の直前は、学習の進捗状況を学芸員が知る機会となり、授業に合わせた解説が可能となることから欠かせない。出張授業は、教科書で学習項目を取り扱う前ならば導入として、学習項目の展開中であれば授業の補助、後ならばふりかえりとして行う。

出張授業当日の準備

博物館から持ち込む教材および器材は、倍率20-40の双眼実体顕微鏡15台（アズワン(株)ST30RDL 20～40×）（そのうち、10台は2016年度科研費）、簡易プランクトンネット1網（株三商 5512-C 100 μ ）（2016科研費）、プラスチックシャーレ30個（アズワン(株)アズノールシャーレ ϕ 40×13.5mm）（2016科研費）、飼育容器 ミニ（小型水槽）1個（鈴木製作所 175×105×105）、ガラスピペット2本（1ml 7ϕ ×150×50）、広口標本瓶2本（500ml ϕ 90×118mm）、発砲スチロール製クーラーBOX1個（6l）、エアレーションセット1セット（ニッソー θ 1200）、ノートパ

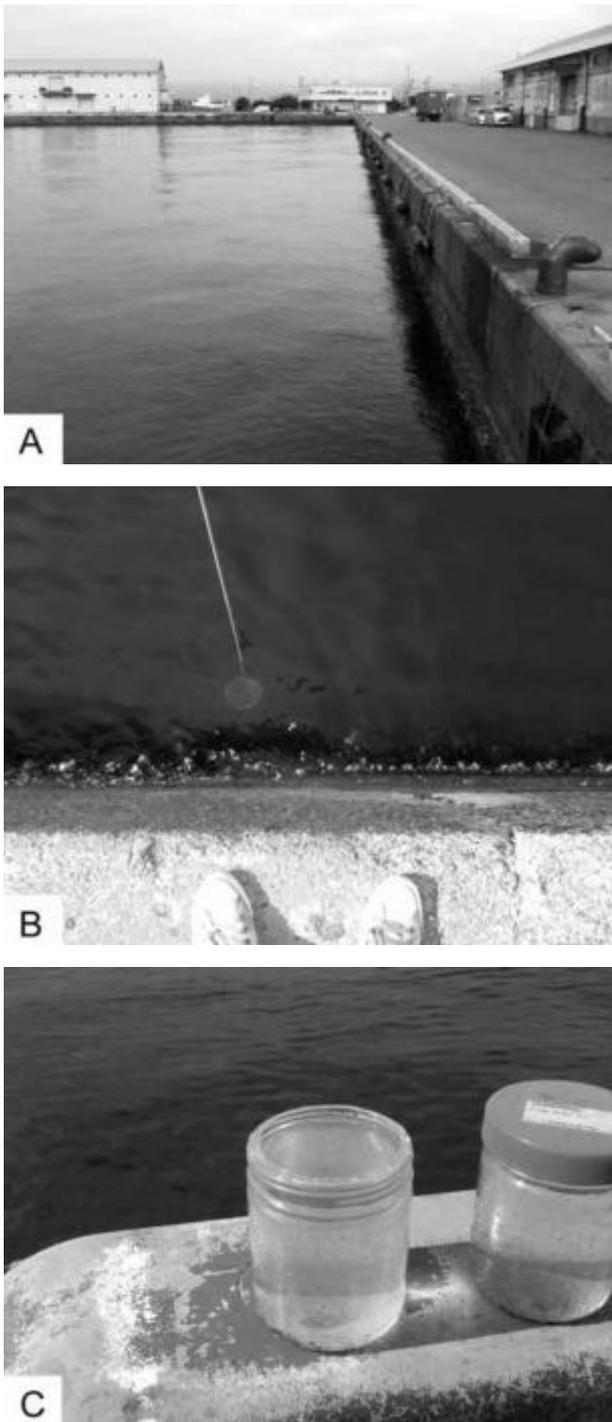


図2 出張授業の教材となる海洋プランクトンの採集。A：静岡市清水区興津埠頭，B：足元に沈めたプランクトンネット（口径30cm、側長75cm、目合いNXX13）、C：標本瓶に入れた海洋プランクトン。

ソコン1台，D-Sub15ピンケーブル1本（3m），HDMI-VGA変換アダプタ1個（ノートPC HDMI/VGA端子D-Sub15ピン変換用）である。

双眼実体顕微鏡を持ち込む理由は，生徒の利用に十分な数が揃っていない小学校が少なくない（福田・林 2008）ことを事前に聞き，整備の必要性を感じていたからである。小学5年理科の教科書では

「双眼実体顕微鏡の使い方と用いた観察」について記される。授業における学習の充実には，生徒一人あたりが顕微鏡に関わる時間を伸ばすことが肝要と示唆される。そのため出張授業では，顕微鏡を用いた観察実験で1台あたり，生徒1～2名の利用を考え15台の双眼実体顕微鏡を準備し持ち込むことにした（図1）。小学校へ準備を依頼したものは，理科室と学校に備えられた大型テレビの使用である。理科室の使用を希望した理由は，双眼実体顕微鏡を使用するための電源が各机に備わること，机が広くシャーレ内の観察試料の確認や顕微鏡の操作などグループ作業が行いやすいためである。

出張授業当日，博物館から小学校へ持ち込む教材の搬入と設置には約1時間を要する。小学校の授業では，1時間目が8時30分前後に始まる。出張授業を1時間目から実施する場合は，早朝の入校について事前に承諾を得る必要がある。また，生徒たちの登校時間と教材の搬入時間が重なることから，事故等起こさないよう細心の注意をはらい入校しなければならない。海洋プランクトンの採集は，更にその前の行動となる（図2 A-C）。

教育プログラムの構成と「プランクトンの観察」の内容

出張授業の円滑な進行には，PowerPointの活用が有効である。小学校には，50インチ程のテレビモニターが準備されている。モニターを用いた授業は，板書時間の削減や教科書に代わる画像の紹介が可能であり，生徒の興味・関心の深まりが明らかである。

授業時間の配分は，始めの45分がPowerPointを用いた解説，後半の45分は海洋プランクトンの観察実験を行う2部構成とした。PowerPointを用いて本題に入る前の導入では，教科書を用いて日本固有の魚類メダカについて現状を話し，本出張授業ではメダカとシラスを置き換えて解説することを伝える。続いてPowerPointを用いて本題を始める。

以下は，教育プログラム「プランクトンの観察」でPowerPointを用いた解説と観察実験の内容である。

1) 静岡県・駿河湾の自然

駿河湾は日本で最も深い湾で，富士山から駿河湾までの標高差約6,000mの国内唯一の自然の姿と駿河湾のしくみと，浅海から深海に至る海洋生物資源の豊かさ，沿岸域の水産業シラス漁を紹介する（図3



図3 出張授業の解説に用いた画像 (Microsoft PowerPoint).

A). シラスは、沿岸域で群れるため、透明で細長い魚の稚魚期の姿でも魚群探知機に感知され水産資源として漁獲される (図3B). 生徒らは、魚類の「群れ」について小学2年国語で学んでいることから (静岡市内の小学校, 2017現在), 「学習のふりかえり」を行うことで理解を深める.

2) シラス

シラスは、魚種の和名ではなく、漁獲対象となるイワシ類などの稚魚期の総称である (図3C). 駿河湾沿岸の漁では、カタクチイワシ *Engraulis japonicus*, マイワシ *Sardinops melanostictus*, ウルメイワシ *Etrumeus teres* などイワシ類の他にコノシロ *Konosirus punctatus*, サツパ *Sardinella zunasi*, ハゼ類 *Gobioidei*, アユ *Plecoglossus altivelis* などが

混獲される. また, シラスは、細長く透明な魚の稚魚期を指し, 静岡県ではウナギ類 *Anguilliformes* のレプトセファルス *Leptocephalus* が変態後, 漁業者をはじめ, 一般的にシラスウナギと呼ばれる例を挙げる (図3D). 生徒らには, 小学4年の国語で既に学んだ (静岡市内の小学校, 2017現在) レプトセファルスについて「学習のふりかえり」を行い, 全項同様に教科の横断と既知の情報を新たな学習に繋ぐ機会とする.

3) シラスの腹部

食卓に並ぶゆでシラスの中には, 腹部がピンク色と白色を呈した2種がみられる (図3E). ピンク色は, シラスと共に加熱された胃内容物にみられる動物プランクトンの橈脚類など甲殻類の有する赤色系

表1 出張授業を実施した静岡市内の小中学校数と参加した生徒数と教員数.

No.	実施日	小学校名	生徒数	教員数
1	2016/5/27	清水三保第一小学校	59	2
2	2016/5/31	美和小学校	13	1
3	2016/6/6	清水中河内小学校	4	2
4	2016/6/7	清水小河内小学校	3	1
5	2016/6/7・13	清水興津小学校	95	3
6	2016/6/8・9	清水有度第二小学校	118	4
7	2016/6/14	清水庵原小学校	75	4
8	2016/5/30	由比北小学校	1	2
9	2016/6/15	清水三保第二小学校	26	2
10	2016/6/16	清水高部東小学校	98	4
11	2016/6/20	清水辻小学校	45	3
12	2016/6/21・23	賤機南小学校	108	3
13	2016/6/22	蒲原西小学校	35	2
14	2016/6/27	清水江尻小学校	60	2
15	2016/6/28	宮竹小学校	80	4
16	2016/6/26	由比小学校	59	2
17	2016/6/30	大川小学校	15	5
18	2016/6/30	清沢小学校		
19	2016/6/30	峰山小学校		
20	2016/7/12	清水飯田小学校	94	4
21	2016/7/14	清水船越小学校	97	3
22	2016/9/7	清水岡小学校	109	4
合計			1194	57

色素（カロチノイド系色素）の色である。腹部が白い色のシラスは、主に空胃か消化が進んでいるものであり、稀に尾索類など甲殻類以外の胃内内容物が出現する場合もある（図3F）。橈脚類が、シラスの消化管から出現した例を紹介し生徒らも動物プランクトンを食すことがあることを伝える（図3G）。生徒らには、視覚的に気になってはいたものの解決していない事象が少なくない。シラスの腹部の色は、生徒らに身近な話題であることを気付かせると共に学習を印象付ける役目を果たしている。

4) プランクトン

プランクトンとは、水中で浮遊生活をおくる生物の総称である。海洋では、海洋プランクトン。陸水では、淡水プランクトンと称する。植物プランクトンは、陸上の植物同様に光合成を行い成長し、自ら動き回ることが不可能である。また、動物プランクトンは、口を有し植物プランクトンや動物プランクトンを餌料とし動きまわることが可能である（図3H-J）。プランクトン以外の生物群には、遊泳力の強い生物のネクトンや海底などに這う底生生物のベントスなどの生物群があるが、それらの幼生期もプランクトンであることが少なくないことを伝える。生徒らには「プランクトン」という総称を耳にしたことがある者が少なくない。小学5年理科の学習項目で

は、取扱われていない表現であるが、生徒らは、浮遊生物の解説を丁寧に行うことで理解は可能である。

5) 観察実験

双眼実体顕微鏡1台あたりの生徒の利用人数は、1～2名である。はじめに、双眼実体顕微鏡の操作方法と観察のルールを伝える。操作方法は、教科書を開き、顕微鏡の各部名称を確認し、倍率を20倍に合わせ手順について解説を行う。続いて、海洋プランクトンをシャーレに取り、プランクトンの多様な容姿を観察し、その中から橈脚類を見つける。生徒が観察の際に参考とする資料は、博物館で準備した写真資料と「日本海洋プランクトン図鑑」（山路、1980）そして、教科書である。写真や図は、生徒の観察が容易になることから欠かせない資料である。続いて植物プランクトンを確認する。植物プランクトンは、動物プランクトンと比較して個体が小さいことから、顕微鏡の倍率は40倍に合わせる。

6) 食物連鎖

生徒らによる動物プランクトンと植物プランクトンの観察を一通り終えたところで、再びPowerPointを用いて解説を行う。シラス類の餌料は、動物プランクトンであり、動物プランクトンの餌料は植物プランクトンである。植物プランクトンは、海中の養分と太陽光による光合成で成長する。また、シラス類は、マサバやマアジのような魚類の餌料となり、マサバやマアジなどは、より大きな魚類の餌料となる。こうした、海洋の生物資源が、私たち人間の生命も支えていることを説く。そして、海洋の環境学習に繋ぐために顕微鏡下で観察するような生物が生息可能な海洋環境を維持することが人類にも大切なことを伝える。ここでは、生き物の繋がりを小学5年生に対して説くために、生徒が未知の「食物連鎖」という表現を用いずに図を用いて解説を行う（図3K）。

7) クラゲ

最後に、海洋のプランクトンは、顕微鏡でしかみられない生き物ばかりではないことを伝える。紹介する生物は、刺胞動物のエチゼンクラゲ*Nemopilema nomurai*である（図3L）。

このように、本教育プログラムは、海洋学のうち、浮遊生物学をはじめとする海洋教育に通ずる要素が含まれる。また、プログラムの話題では、学年をま

表2 出張授業の直後に実施した生徒に対するアンケート。

No.	質問
	であいふれあい授業では、そうがん実体けんび鏡を使用しました。
1	そうがん実体けんび鏡のそうさ方法は、分かりましたか。
2	そうがん実体けんび鏡は、上手に使用できましたか。
3	そうがん実体けんび鏡を使用した観察実験は、楽しめましたか。
4	そうがん実体けんび鏡は、観察実験を「やる気」にしましたか。
	であいふれあい授業では、メダカに代えて海にすむシラスを話題にしました。
5	シラス漁の話は、分かりましたか。
6	シラスが、どのような種類の魚であるか分かりましたか。
7	メダカやシラスなど小さな魚はプランクトンを食べ物にしていることが分かりましたか。
	であいふれあい授業では、小さな生き物、海のプランクトンの観察実験を行いました。
8	海のプランクトンを使用した観察実験は、楽しめましたか。
9	海のプランクトンは、観察実験を「やる気」にしましたか。
10	植物プランクトンが、けんび鏡で見つけられましたか。
11	植物プランクトンについて、どのような生き物なのか分かりましたか。
12	動物プランクトンが、けんび鏡で見つけられましたか。
13	動物プランクトンについて、どのような生き物なのか分かりましたか。
	であいふれあい授業では、シラスとプランクトンと私たちのつながりについて解説をしました。
14	生き物どうしの「食べる」「食べられる」のつながりについて分かりましたか。
15	自然にすむ生き物たちが、私たちの命をささえていることが分かりましたか。
	博物館の学芸員による「であいふれあい授業」についてうかがいます。
16	楽しい気持ちで勉強できましたか。
17	集中して取り組むことができましたか。
18	分かりやすい話しでしたか。
19	理科のおもしろさを感じましたか。
20	理科の勉強を「やる気」にさせましたか。
21	なぜ「自然を大切にしなければならない」のか、その意味が分かりましたか。
22	今後も博物館学芸員の話しを聞いてみたいと思いましたか。
	であいふれあい授業では、海の自然から話題と教材を取り入れました。
23	海を身近に感じましたか。
24	海の生き物の話しをもっと聞いてみたいと思いましたか。
25	海の出来事についてもっと知りたいと思いましたか。
26	海の自然を守りたいと思いましたか。

たがり教科を横断する工夫も行った。

アンケート調査の実施

小学校理科において、科学的概念を養い基本にふれる観察・実験・自然体験は重要な機会である。出張授業では、小学5年理科の学習項目と海洋教育を関連付けたプログラムを実施した。本プログラムが、小学校の理科に資することを目的としていることから、プログラムの構成、教材の適正、有効性、そして教育課題である「海洋教育」として学習項目と結びつく内容であるかを検証するために授業直後に、参加した生徒と教員それぞれに対しアンケート調査を実施した。小学5年であいふれあい授業（出張授業名称）「プランクトンの観察」の日程と実施校、対象となる参加生徒数と教員数は、静岡市内小学校22校1194名の小学5年生と授業を担当される理科専科教員と担任教員57名である（表1）。調査期間は、

2016年5月27日から9月7日である。アンケート調査の間は、生徒26問（表2）、教員24問（表3）いずれも選択式で行った。

アンケート調査の結果

本研究で実施したアンケート調査の集計結果を述べる（図4-5）。便宜上、図4及び5の図上の割合は小数点以下第一位を四捨五入して記した。

1) 出張授業に参加した生徒に対するアンケートの集計結果

問1「双眼実体顕微鏡の操作方法はわかりましたか」では、「とてもよく分かった」が73.0%、「よく分かった」が25.2%、「あまり分からなかった」が1.3%、「ぜんぜん分からなかった」が0.4%を占めた。また、顕微鏡の操作方法の理解について「とてもよく分か

表3 出張授業の直後に実施した教員に対するアンケート。

No.	質問
	であいふれあい授業は「生命のつながり」「受けつがれる生命」の単元で行いました。
1	理科の授業では、メダカ(生体)の入手や取り扱いに困りませんか。
2	理科の授業では、プランクトン(生体)の入手や取扱いに困りませんか。
3	出張授業は、単元を補う適切な内容でしたか。
4	出張授業の構成(話しの組立て方)は、生徒の理解に有効でしたか。
5	出張授業は、単元の進行でどのように活用されましたか。
6	「メダカと淡水プランクトン」から「シラスと海洋プランクトン」へ教材の置換えは、単元の理解に有効でしたか。
7	博物館が出張授業で持ち込んだ双眼実体顕微鏡は、学習の理解に有効でしたか。
8	双眼実体顕微鏡の活用は、生徒の「やる気」につながりましたか。
9	出張授業で博物館が持ち込んだ海洋プランクトンは、学習の理解に有効でしたか。
10	海洋プランクトンの活用は、生徒の「やる気」につながりましたか。
11	出張授業は、生徒の期待に応える内容でしたか。
12	出張授業は、先生の期待に応える内容でしたか。
13	出張授業は、解説と観察の2部構成でした。時間は適切でしたか。
14	生徒は、出張授業を楽しんでいましたか。
15	生徒は、出張授業に集中して取り組んでいましたか。(目の輝き)
16	生徒は、学芸員の解説を聞いていましたか。(表情や姿勢)
17	生徒は、学芸員の解説内容を理解していましたか。
	出張授業では、海洋の自然から話題と教材を取り入れました。
18	出張授業は、生徒が海を身近に感じる内容でしたか。
19	出張授業は、生徒の関心が海洋の自然へつながる内容でしたか。
20	出張事業は、海洋を大切な自然であることを伝える内容でしたか。
21	出張事業は、海洋の自然を守りたい気持ちにさせる内容でしたか。
22	出張授業は、生徒自身の体験活動へ通ずる「基礎的知識」や「技能」の育成になりましたか。
	東海大学博物館の出張授業について伺います。
23	同学年を受け持つならば、今後も同様の出張授業を取入れますか。
24	今後も博物館の新たな出張授業を期待されますか。

った」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の98.2%を占め、比率が向上していることから、生徒らは双眼実体顕微鏡の操作方法を理解できたといえる。

問2「双眼実体顕微鏡は、上手に使えましたか」では、「とても上手に使えた」が58.7%、「使えた」が38.4%、「うまく使えなかった」が2.4%、「ぜんぜん使えなかった」が0.4%を占めた。また、本観察実験において顕微鏡を「とても上手に使えた」と「使えた」を示す割合の和が97.1%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、双眼実体顕微鏡を観察実験に活かすことができたといえる。

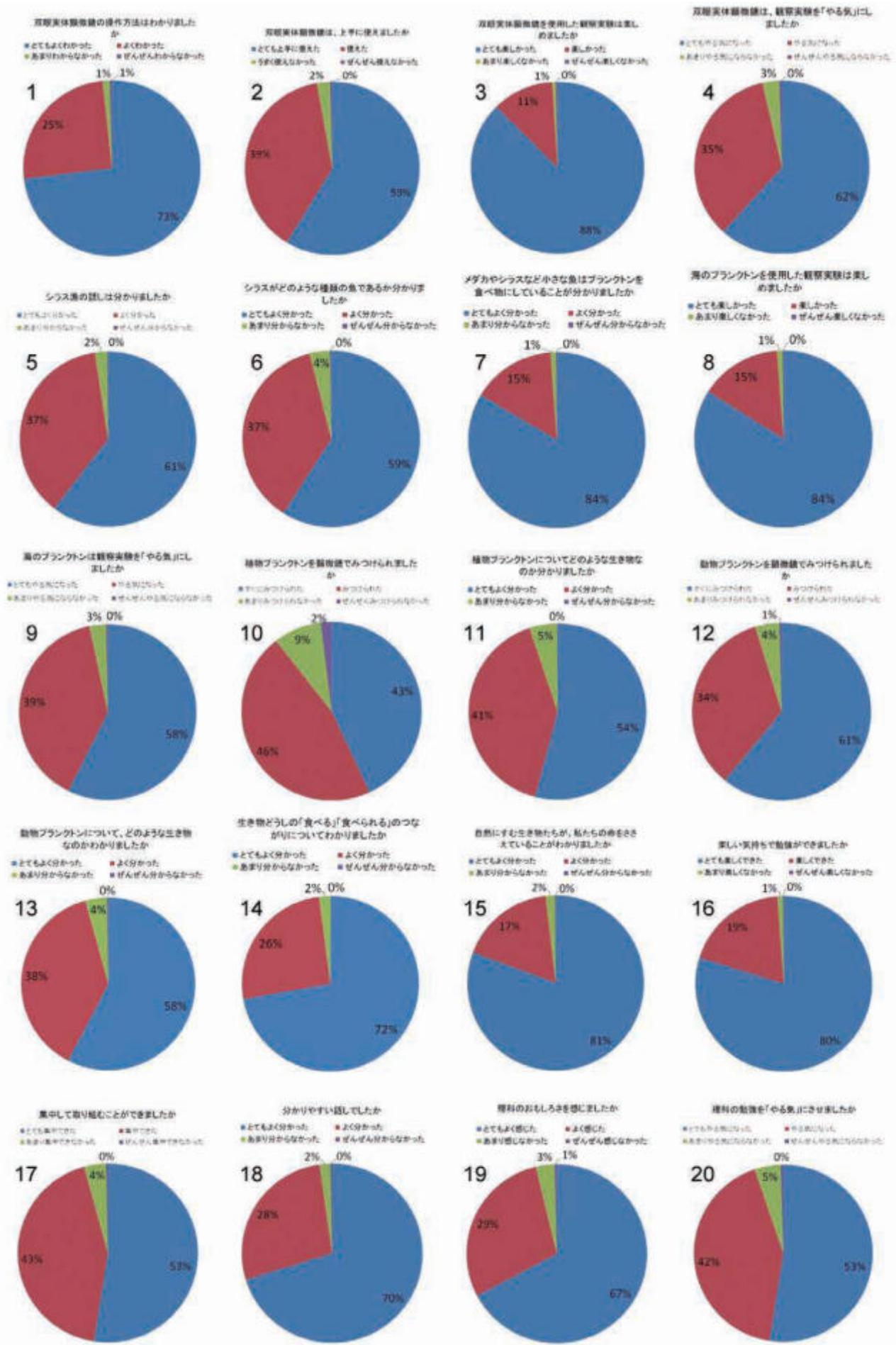
問3「双眼実体顕微鏡を使用した観察実験は楽しめましたか」では、「とても楽しかった」が87.5%、「楽しかった」が11.5%、「あまり楽しくなかった」0.7%、「ぜんぜん楽しくなかった」が0.3%を占めた。また、生徒が意欲的に参加する要件として考えられる「楽しさ」について「とても楽しかった」と「楽しかった」を示す割合の和が99.0%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、双眼実体顕微鏡を用いた観察実験に楽しく取り組めたといえる。

問4「双眼実体顕微鏡は、観察実験を“やる気

にしましたか」では、「とてもやる気になった」が61.5%、「やる気になった」が34.5%、「あまりやる気にならなかった」が3.1%、「ぜんぜんやる気にならなかった」が0.5%を占めた。また「とてもやる気になった」と「やる気になった」を示す割合の和が全体の96.0%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、双眼実体顕微鏡を取扱ったことで観察実験の「やる気」が高まったといえる。

問5「シラス漁の話しは分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が60.5%、「よく分かった」が37.1%、「あまり分からなかった」が2.3%、「ぜんぜん分からなかった」が0.2%を占めた。また、シラス漁について「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の97.6%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、水産業のシラス漁について理解できたといえる。

問6「シラスがどのような種類の魚であるか分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が59.1%、「よく分かった」が37.0%、「あまり分からなかった」が3.7%、「ぜんぜん分からなかった」が0.3%を占めた。また、シラスについての理解は「とてもよく分



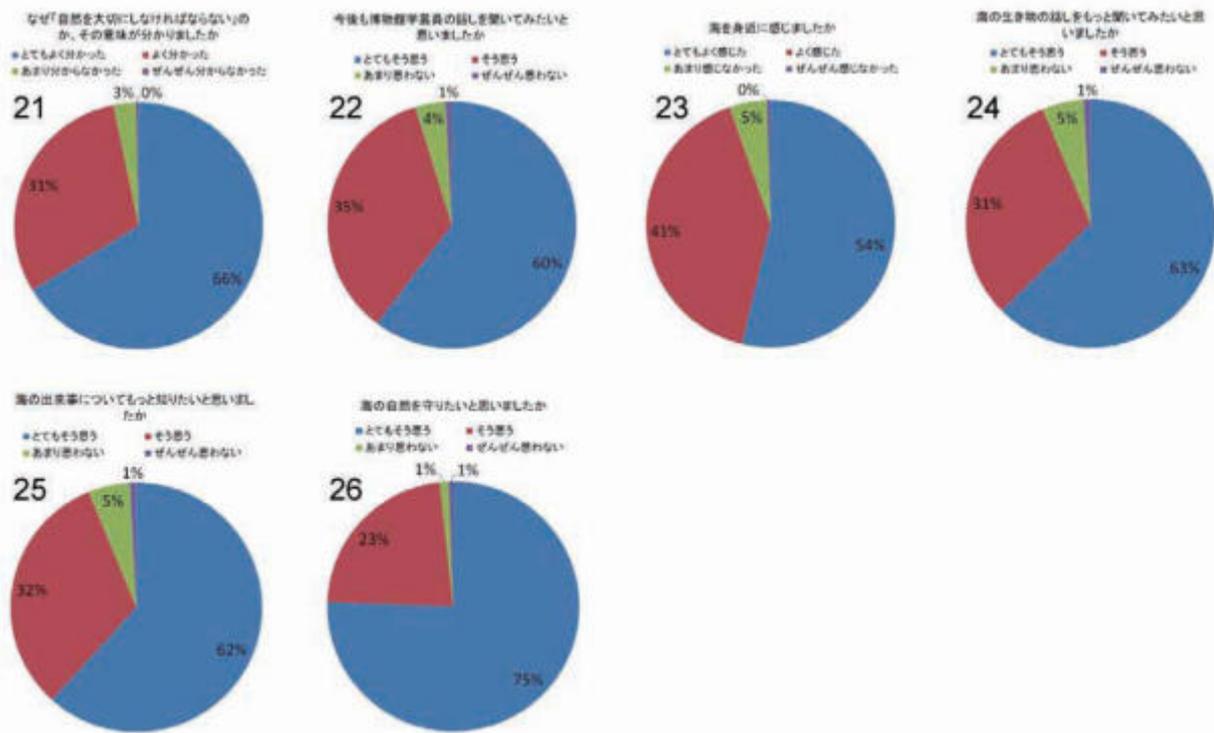


図4 出張授業の直後に実施した参加生徒に対するアンケートの集計結果, N=1194.

かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の96.1%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、魚類学的なシラスの解説について理解できたといえる。

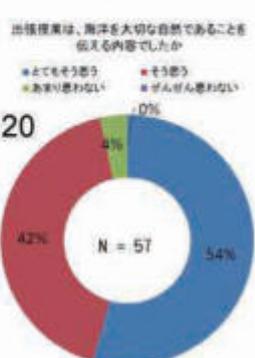
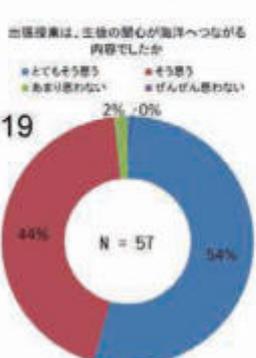
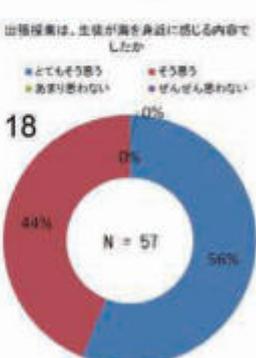
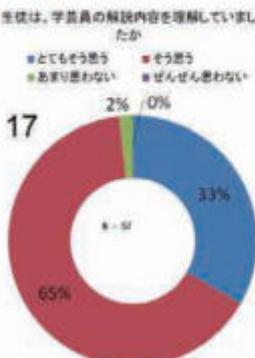
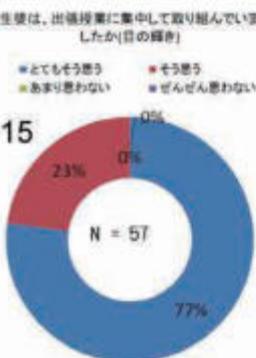
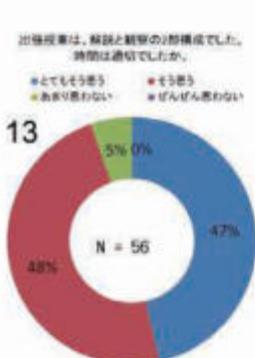
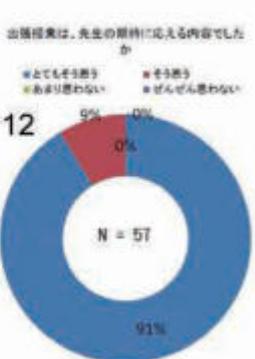
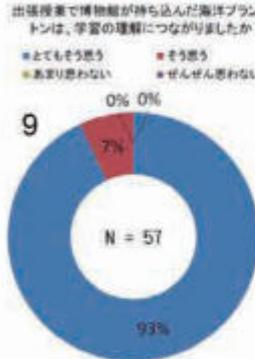
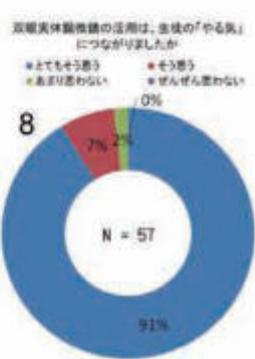
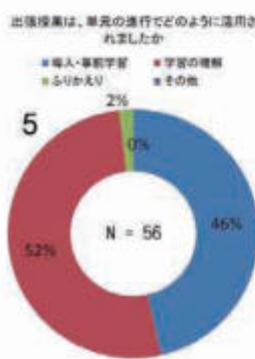
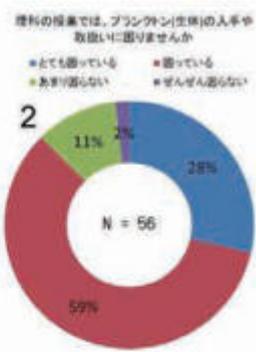
問7「メダカやシラスなど小さな魚はプランクトンを食べ物にしていることが分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が83.5%、「よく分かった」が15.3%、「あまり分からなかった」が1.0%、「ぜんぜん分からなかった」が0.2%を占めた。また、小さな魚とプランクトンの関わりについて「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の98.8%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、小さな魚とプランクトンといった生物間の生命の繋がりについて理解できたといえる。

問8「海のプランクトンを使用した観察実験は楽しめましたか」では、「とても楽しかった」が84.0%、「楽しかった」が14.8%、「あまり楽しくなかった」1.0%、「ぜんぜん楽しくなかった」が0.2%を占めた。また、生徒がプランクトンの観察実験に対して意欲的に参加する要件と考えられる「楽しさ」について「とても楽しかった」と「楽しかった」を示す割合の和が98.8%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、海のプランクトンを用いた観察実験に楽しい気持ちで取り組めたといえる。

問9「海のプランクトンは観察実験を“やる気”にしましたか」では、「とてもやる気になった」が57.3%、「やる気になった」が39.3%、「あまりやる気にならなかった」が3.0%、「ぜんぜんやる気にならなかった」が0.3%を占めた。また、海のプランクトンを活用した観察実験について「とてもやる気になった」と「やる気になった」を示す割合の和が全体の96.6%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、海のプランクトンを取扱ったことで観察実験の「やる気」が高まったといえる。

問10「植物プランクトンを顕微鏡で見つけられましたか」では、「すぐにみつけられた」が43.1%、「みつけられた」が46.3%、「あまりみつけられなかった」が8.6%、「ぜんぜんみつけられなかった」が1.9%を占めた。また、「すぐにみつけられた」と「みつけられた」を示す割合の和が全体の89.4%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、植物プランクトンの特徴を理解し認識出来たといえる。

問11「植物プランクトンについてどのような生き物なのか分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が54.1%、「よく分かった」が40.8%、「あまり分からなかった」が5.0%、「ぜんぜん分からなかった」が0.1%を占めた。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の94.9%を占め、



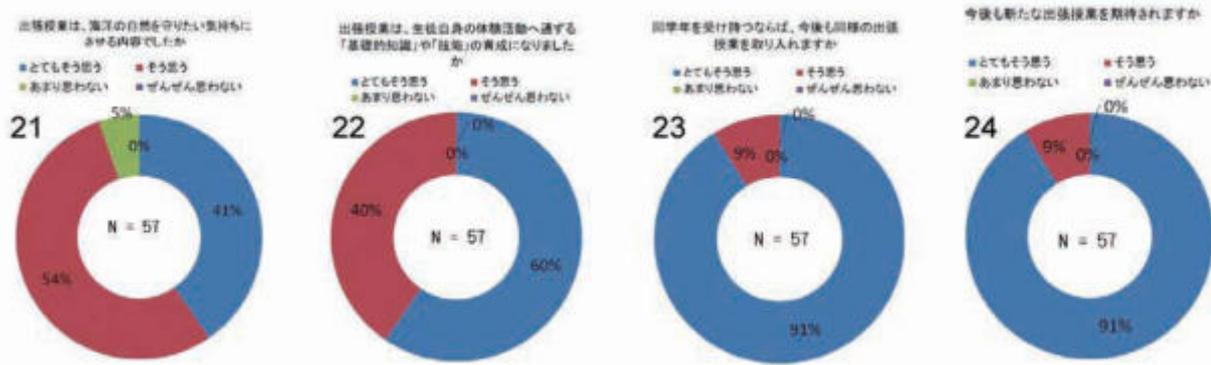


図5 出張授業の直後に実施した小学校教員に対するアンケートの集計結果。

比率の向上がみられたことから、生徒らは、植物プランクトンの海洋生態系における位置付けを理解出来たといえる。

問12「動物プランクトンを顕微鏡で見つけられましたか」では、「すぐにみつけられた」が60.9%、「みつけられた」が34.3%、「あまりみつけられなかった」が4.4%、「ぜんぜんみつけられなかった」が0.4%を占めた。また、「すぐにみつけられた」と「みつけられた」を示す割合の和が全体の95.2%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、動物プランクトンの特徴を理解し認識出来たといえる。

問13「動物プランクトンについてどのような生き物なのか分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が57.6%、「よく分かった」が38.1%、「あまり分からなかった」が4.0%、「ぜんぜん分からなかった」が0.3%を占めた。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の95.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、動物プランクトンの海洋生態系における位置付けを理解出来たといえる。

問14「生き物どうしの“食べる”“食べられる”のつながりについて分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が72.2%、「よく分かった」が25.7%、「あまり分からなかった」が2.1%を占め、「ぜんぜん分からなかった」が0%であった。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の97.9%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、海洋生態系における食物連鎖についてその一端を理解出来たといえる。

問15「自然にすむ生き物たちが、私たちの命をささえていることが分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が80.7%、「よく分かった」が17.5%、「あまり分からなかった」が1.7%、「ぜんぜん分からな

かった」が0.2%を占めた。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の98.2%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、人と海洋プランクトンの関わりを食物連鎖の観点から理解出来たといえる。

問16「楽しい気持ちで勉強ができましたか」では、「とても楽しくできた」が79.8%、「楽しくできた」が19.0%、「あまり楽しくなかった」が1.0%、「ぜんぜん楽しくなかった」が0.2%を占めた。また、「とても楽しくできた」と「楽しくできた」を示す割合の和が全体の98.8%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業の観察実験に楽しい気持ちで参加していたといえる。

問17「集中して取り組むことができましたか」では、「とても集中できた」が52.5%、「集中できた」が43.2%、「あまり集中できなかった」が3.9%、「ぜんぜん集中できなかった」が0.3%を占めた。また、「とても集中できた」と「集中できた」を示す割合の和が全体の95.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業の観察実験に集中して取り組んでいたといえる。

問18「分かりやすい話しでしたか」では、「とてもよく分かった」が70.2%、「よく分かった」が27.5%、「あまり分からなかった」が1.9%、「ぜんぜん分からなかった」が0.3%を占めた。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の97.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業で解説をした学芸員の話しを理解することが出来たといえる。

問19「理科のおもしろさを感じましたか」では、「とてもよく感じた」が67.2%、「よく感じた」が29.0%、「あまり感じなかった」が3.4%、「ぜんぜん感じなかった」が0.4%を占めた。また、「とてもよく

感じた」と「よく感じた」を示す割合の和が全体の96.2%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業で理科のおもしろさを感じることが出来たといえる。

問20「理科の勉強を“やる気”にさせましたか」では、「とてもやる気になった」が52.5%、「やる気になった」が42.3%、「あまりやる気にならなかった」が4.7%、「ぜんぜんやる気にならなかった」が0.5%を占めた。また、「とてもやる気になった」と「やる気になった」を示す割合の和が全体の94.8%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、理科の勉強に対するやる気を高めたといえる。

問21「なぜ“自然を大切にしなければならない”のか、その意味が分かりましたか」では、「とてもよく分かった」が66.3%、「よく分かった」が30.4%、「あまり分からなかった」が2.9%、「ぜんぜん分からなかった」が0.3%を占めた。また、「とてもよく分かった」と「よく分かった」を示す割合の和が全体の96.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、自然の大切さについて理解出来たといえる。

問22「今後も博物館学芸員の話しを聞いてみたいと思いましたが」では、「とてもそう思う」が60.3%、「そう思う」が34.9%、「あまり思わない」が3.9%、「ぜんぜん思わない」が0.8%を占めた。また、「とてもそう思う」と「そう思う」を示す割合の和が全体の95.2%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、博物館学芸員の話しについて関心を深めたといえる。

問23「海を身近に感じましたか」では、「とてもよく感じた」が53.7%、「よく感じた」が41.0%、「あまり感じなかった」が4.9%、「ぜんぜん感じなかった」が0.5%を占めた。また、「とてもよく感じた」と「よく感じた」を示す割合の和が全体の94.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業の内容について海洋との関連性を理解出来たといえる。

問24「海の生き物の話しをもっと聞いてみたいと思いましたが」では、「とてもそう思う」が62.6%、「そう思う」が31.1%、「あまり思わない」が5.4%、「ぜんぜん思わない」が0.9%を占めた。また、「とてもそう思う」と「そう思う」を示す割合の和が全体の93.7%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張授業へ取り組むことによって海洋生物への関心を深めたといえる。

問25「海の出来事についてもっと知りたいと思いましたか」では、「とてもそう思う」が61.7%、「そう思う」が32.1%、「あまり思わない」が5.4%、「ぜんぜん思わない」が0.8%を占めた。また、「とてもそう思う」と「そう思う」を示す割合の和が全体の93.8%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、本出張事業へ取り組むことによって海洋への関心を深め知的好奇心を抱いたといえる。

問26「海の自然を守りたいと思いましたが」では、「とてもそう思う」が75.5%、「そう思う」が22.7%、「あまり思わない」が1.2%、「ぜんぜん思わない」が0.6%を占めた。また、「とてもそう思う」と「そう思う」を示す割合の和が全体の98.2%を占め、比率の向上がみられたことから、生徒らは、海洋の保全・保護の意義を理解出来たといえる。

2) 小学校教員に対するアンケートの集計結果

問1「理科の授業では、メダカ（生体）の入手や取扱いに困りませんか」では、「とても困っている」と回答した教員が55名中9.0%（5名）、「困っている」が65.5%（36名）、「あまり困らない」が23.6%（13名）、「ぜんぜん困らない」が2.0%（1名）であった。また、「とても困っている」または「困っている」に回答した教員数の和は89.1%（41名）を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、メダカを理科の教材として取扱うことについて難しい状況にあるといえる。

問2「理科の授業では、プランクトン（生体）の入手や取扱いに困りませんか」では、「とても困っている」と回答した教員が56名中28.6%（16名）、「困っている」が58.9%（33名）、「あまり困らない」が10.7%（6名）、「ぜんぜん困らない」が1.8%（1名）であった。また、「とても困っている」または「困っている」に回答した教員数の和は87.5%（49名）を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、プランクトンを理科の教材として取扱うことについて難しい状況にあるといえる。

問3「出張授業は、単元を補う適切な内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中86.0%（49名）、「そう思う」が14.0%（8名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」と「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、出張授業が単元を補う内容として適切であると評価したといえる。

問4「出張授業の構成（話の組み立て方）は、生徒の理解に有効でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中78.9%（45名）、「そう思う」が21.1%（12名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」と「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、出張授業の構成が生徒の理解に有効であると評価したといえる。

問5「出張授業は、単元の進行でどのように活用されましたか」では、「導入・事前学習」と答えた教員が56名中46.4%（26名）、「学習の理解」が51.8%（29名）、「ふりかえり」が1.8%（1名）、「その他」が0%（0名）であったことから、教員らは、出張授業を実施するタイミングによって、授業へ活用する目的が異なることが分かる。

問6「“メダカとプランクトン”から“シラスと海洋プランクトン”へ教材の置き換えは単元の理解に有効でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が56名中60.7%（34名）、「そう思う」が39.3%（22名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員56名全員が「とてもそう思う」と「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、本出張授業における生物の置換えが生徒らの単元の理解に有効であると評価したといえる。

問7「博物館が出張授業で持ち込んだ双眼実体顕微鏡は、学習の理解に有効でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中98.2%（56名）、「そう思う」が1.8%（1名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」と「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、授業へ持ち込んだ双眼実体顕微鏡は、生徒らの学習の理解に有効な教材であると評価したといえる。

問8「双眼実体顕微鏡の活用は、生徒の“やる気”につながりましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2%（52名）、「そう思う」が7%（4名）、「あまり思わない」が1.8%（1名）、「ぜんぜん思わない」が0%（0名）であった。また、「とてもそう思う」と「そう思う」に答えた教員数の和が57名中98.2%（56名）を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、双眼実体顕微鏡が生徒らのやる気に繋がる有効な教材であると評価したとい

える。

問9「出張授業で博物館が持ち込んだ海洋プランクトンは、学習の理解につながりましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中93.0%（53名）、「そう思う」が7.0%（4名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」または「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、海洋プランクトンが、生徒らの学習の理解につながる有効な教材であると評価したといえる。

問10「海洋プランクトンの活用は、生徒の“やる気”につながりましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2%（52名）、「そう思う」が8.8%（5名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」または「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、海洋プランクトンの活用が生徒らのやる気に繋がる有効な教材であると評価したといえる。

問11「出張授業は、生徒の期待に応える内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中82.5%（47名）、「そう思う」が17.5%（10名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、出張授業が生徒らの期待に応える内容であると評価したといえる。

問12「出張授業は、先生の期待に応える内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2%（52名）、「そう思う」が8.8%（5名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、本出張授業は、教員らの期待に応える内容であると評価したといえる。

問13「出張授業は、解説と観察の2部構成でした。時間は適切でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が56名中46.4%（26名）、「そう思う」が48.2%（27名）、「あまり思わない」が5.4%（3名）、「ぜんぜん思わない」が0%（0名）であった。また、授業の構成を肯定する「とてもそう思う」または「そう思う」に回答した教員数の和が56名中94.6%（53名）を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、

出張授業の時間構成が授業の進行に有効であると評価したといえる。

問14「生徒は、出張授業を楽しんでいましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2% (52名), 「そう思う」が8.8% (5名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0% (0名)であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、生徒らの楽しい気持ちで出張授業に参加していると認識したといえる。

問15「生徒は、出張授業に集中して取り組んでいましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中77.2% (44名), 「そう思う」が22.8% (13名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0% (0名)であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、生徒らが集中して出張授業に参加していると認識したといえる。

問16「生徒は、学芸員の解説を聞いていましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中50.9% (29名), 「そう思う」が49.1% (28名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0% (0名)であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、生徒らが学芸員による本出張授業の解説を聞いていと認識したといえる。

問17「生徒は、学芸員の解説内容を理解していましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中33.3% (19名), 「そう思う」が64.9% (37名), 「あまり思わない」が1.8% (1名), 「ぜんぜん思わない」が0% (0名)であった。また、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」に回答した教員数の和が57名中98.2% (56名)を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、生徒らが学芸員の解説内容を理解していると認識したといえる。

問18「出張授業は、生徒が海を身近に感じる内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中56.1% (32名), 「そう思う」が43.9% (25名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0% (0名)であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、本出張授業が生徒らにとって海を身近に感じるために有効な内容であると評価したといえる。

問19「出張授業は、生徒の関心が海洋へつながる内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中54.4% (31名), 「そう思う」が43.9% (25名), 「あまり思わない」が1.8% (1名), 「ぜんぜん思わない」が0% (0名)であった。また、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」に回答した教員数の和が57名中98.3% (56名)を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、本出張授業が生徒らの関心を海洋へ繋ぐために有効な内容であると評価したといえる。

問20「出張授業は、海洋を大切な自然であることを伝える内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中54.4% (31名), 「そう思う」が42.1% (24名), 「あまり思わない」が3.5% (2名), 「ぜんぜん思わない」が0% (0名)であった。また、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」に回答した教員数の和が57名中96.5% (55名)を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、本出張授業が海洋を大切な自然であることを伝えるために有効な内容であると評価したといえる。

問21「出張授業は、海洋の自然を守りたい気持ちにさせる内容でしたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中40.4% (23名), 「そう思う」が54.4% (31名), 「あまり思わない」が5.3% (3名), 「ぜんぜん思わない」が0% (0名)であった。また、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」に回答した教員数の和が57名中94.8% (54名)を占め、比率の向上がみられたことから、教員らは、本出張授業が海洋の自然を守りたい気持ちにさせるために有効な内容であると評価したといえる。

問22「出張授業は、生徒自身の体験活動へ通ずる“基礎的知識”や“技能”の育成になりましたか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中59.6% (34名), 「そう思う」が40.4% (23名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0% (0名)であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、本出張授業が、生徒らの体験活動へ通ずる“基礎的知識”や“技能”の育成に有効であると評価したといえる。

問23「同学年を受け持つならば、今後も同様の出張授業を取り入れますか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2% (52名), 「そう思う」が8.8% (5名), 「あまり思わない」と「ぜんぜん思

わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、本出張授業について小学5年理科への導入に理解を示したといえる。

問24「今後も新たな出張授業を期待されますか」では、「とてもそう思う」と回答した教員が57名中91.2%（52名）、「そう思う」が8.8%（5名）、「あまり思わない」と「ぜんぜん思わない」が共に0%（0名）であった。また、教員57名全員が「とてもそう思う」もしくは「そう思う」の肯定する回答で占めたことから、教員らは、博物館学芸員による出張授業に対し期待を示したといえる。

考 察

本研究で実施したアンケートの集計結果を基に出前授業プログラムの評価を検討する。

双眼実体顕微鏡の持ち込みについて

生徒らは、双眼実体顕微鏡を用いた観察実験については「楽しかった」が全体の99.0%（図4.3）を占めたことから、教材の充実が授業の楽しさに繋がったと示唆される。また、出張授業では、生徒らが観察実験へ積極的に参加しようとする姿を察することもできた。教員57名全員に対する回答からも、双眼実体顕微鏡を持ち込んだことが、学習の理解や生徒らのやる気に繋がり有効であったことが示された（図5.7-8）。このことから、博物館学芸員（外部講師）が理科の観察実験に双眼実体顕微鏡を10~15台持ち込み学習器材の充実を図ったことが、授業時間内における生徒一人あたりの操作時間を十分に確保し、教材となる機器への関心を持たせ、操作方法を理解させるなど理科の学習に有効であった。また、教材の充実は、生徒らの知的好奇心や探究心に応え学習意欲の向上に重要な役目を果たしたと示唆される。

自然教材の活用

生徒らは、水産業に関連する「シラス漁」、「シラス型魚類」の解説に耳を傾け、メダカ類やシラス類など小さな魚類の食性について関心を示した。生徒らの回答では、解説を理解する割合が「シラス漁」について97.6%（図4.5）、「シラス型魚種」について96.1%（図4.6）、「小さな魚の食性」については

98.8%を占めた（図4.7）。このことから、自然教材のメダカ類とシラス類は、生徒らの取り組む学習意欲や関心を損なうことなく、違和感を与えずに置換えられる教材であると推察される。

海洋プランクトンの観察実験では、植物プランクトンと動物プランクトンが、生徒らのやる気（探究心）に応え（図4.9）、海洋の生態系における海洋プランクトンの位置付けとそのはたらきについて生徒らの理解に繋がったと示唆される（図4.11,13,14）。また、学習効果では、学習項目「生命のつながり」について、学習の理解と発展に繋がる結果が得られたと推察される（図4.15）。

教員らによると、自然教材のうち、淡水でみられるメダカの取扱いやプランクトンの入手が、一部の教員を除き大半は困難であることが示された（図5.1,2）。また、これらの淡水生物を海洋のシラス及び海洋プランクトンへ置換えて活用することは、理科の学習項目の進行にも適し、生徒らの理解にも有効であることも示された（図5.3,4）。このことから、シラスの話題と海洋プランクトンは、小学5年生の観察実験にユニークな自然教材であり、その活用は学習効果と機会の質を維持、または高め、生徒らの学習意欲の向上にも役立つことが推察される。

小学5年の学習項目「生命のつながり」では、自然教材のメダカとプランクトンが教科書に記される。しかし、小学校によっては、入手及び取扱いが地域によって困難なところが少なくない。「シラスと海洋プランクトン」は、「メダカと微生物（プランクトン）」に代わり観察実験に用いても、学習項目の内容を損なうことがなく、観察実験を補う有効な教材として活用が可能である。海洋教育の導入と実践には、教材が揃わず教員が教えにくい単元に合わせた「メダカと微生物」から「シラスと海洋プランクトン」のような教材の工夫が期待される。

博物館学芸員の出張授業について

博物館学芸員による出張授業は、生徒らの期待に応え、高い満足度と理解度を示す結果を得た（図4.16-20, 図5.11）。また、教員らの期待にも応える好印象の出張授業であったと推察できることから（図5.12-17,22）、理科の授業においてプログラムの継続した活用と博物館学芸員と連携した教育活動の継続性と深化を見込む成果が得られたと示唆される（図5.23,24）。

海洋教育としての効果について

海洋教育を取入れた学習では、生徒らが海洋の事象を思い浮かべて、学習項目と関連付けしながら授業に臨んでいることが重要である。アンケート調査では、出張授業で「海を身近に感じた」生徒が全体の94.7% (図4.23), 「海の出来事をもっと知りたいと思った」生徒が93.8%と高い値を占めた (図4.25)。教員の視点では、生徒の回答を裏打ちするように、生徒らの関心が海洋に繋がった内容であったと大半を占める回答が得られた (図5.19)。また「海の自然を守りたいと思った」生徒は、全体の98.2%を占めた (図4.26)。教員らの回答では、海洋の自然に対する生徒らの興味・関心の高まりを察しながら「海洋を大切な自然であることを伝える内容」「海洋の自然を守りたい気持ちにさせる内容」であったと多くの回答が寄せられた (図5.20,21)。これらのことから、本プログラムは、小学5年理科「生命のつながり」に取入れ、海洋教育を実践する補助教材のひとつとして活用が可能であることが裏付けられた。

ま と め

教育プログラムの開発と導入のポイント

学外の外部講師が海洋教育プログラムを組立てて提案するには、理科・社会等で扱う教科書の内容に結び付けたテーマや教材の検討と併せて、学齢に応じた身近で分かりやすい工夫を取入れた内容の検討が必然である。また、学齢に対応した教材や資料の準備では、生徒の視覚に入る活字には当用漢字を用いることや言葉の表現では専門用語を一つずつ分かりやすく説くか、除くことが望ましい。

一方、学習指導要領では、博物館や科学学習センターなどと連携、協力を図りながら、それらを積極的に活用することが取り上げられている (2008 文部科学省) ことから、教育プログラムの組立てには、校長・教員らと共に教育課題の導入と実践に向けた情報交換、さらには、相互理解を深めることが欠かせない。

こうしたことを踏まえて、小学校の理科教育に資する、海洋教育を活用した教育プログラムの開発と導入のポイント4点を以下に述べる。

1) 海洋教育を学校教育に取入れるためには、文部

科学省が示す学習指導要領の理科等、教科の学習項目を損なわない内容で、新たな知見を取入れた海洋関連分野の教材や話題の導入と組立てを提案することが望ましい。

- 2) 数ある教育課題に埋もれた「海洋教育」を具現化するには、海洋に関わる諸機関の積極的な働き掛けと人材による行動が有効である。
- 3) 海洋教育の実践と普及は、学校の授業時間を利用したイベントの開催ではなく、毎年実施可能な理科教育の補助として継続性のある出張 (出前) 授業の計画が望ましい。
- 4) 本教育プログラムは、教育課題のひとつ「海洋教育」を理科の学習項目に取入れた内容であるが、他の教育課題である「環境教育」「キャリア教育」、そして他の教科「社会科の水産業」「国語のふりかえり」などと通ずる内容の構成が可能である。教育課題や教科を横断した内容は、生徒らの興味と関心を深めるに留まらず、学習の意義を理解し深める手掛かりにもなる。

本研究に付随する成果は、学芸員が出張授業を実施したことによる、教員らとの教育を柱とした信頼関係の確かな深まりと静岡市内の博物館と学校の距離が縮まったことである。さらに、博物館が学校教育の現状とニーズを知る機会を得たことは大きい。博学連携による信頼関係の構築は、学校運営協議会 (コミュニティスクール) へ博物館が関わることやJAMSTEC (国立研究開発法人海洋研究開発機構) と東海大学海洋学部博物館が連携した「小学生に対する海洋環境教育と人材育成を目的とした出張授業」といった他機関と協働した連携活動の提案と実施にも活かされた。また、副産物として当館に訪れる地元の学校団体数が増えるといった効果もみられた。

謝 辞

本報告を作成するにあたり、教育プログラムの作成には、東海大学海洋学部松浦弘行准教授より、海洋プランクトンの写真資料のご提供を賜り、プログラムの挿絵には西村さくら氏のご協力を頂いた。出張授業の実施と内容の検討には、小学校教育支援ボランティア堀田身和子氏、元静岡県教育委員会学校教育課・現静岡市教育委員会教職員課の平沼裕久氏、静岡市教育委員会学校教育課の寺尾光正氏、静岡市

立蒲原西小学校校長の山口恭正氏、静岡市立清水庵原小学校校長の片瀬恵子氏、同小学校前校長秋本健氏を始めとする現職、元職の静岡市立小学校校長諸氏、教諭諸氏にご助言とご指導、ご協力を賜った。出張授業参加生徒の皆さんも含め各位に対し深厚なる謝意を表す。

また、東海大学海洋学部博物館の柴正博氏、石橋忠信氏、手塚覚夫氏を始めとする職員の方々には、本教育プログラムの遂行と研究に際し多大なご協力をいただき深謝する。本研究は、平成28年度科学研究費補助金(奨励研究)(課題番号16H00207)の助成を受けて行った。

引用文献

- 有馬朗人ほか(2014)生命のつながり(3)メダカのたんじょう, 新版たのしい理科5年, 大日本図書, 東京, 168 p.
- 福田修武・林寿和(2008)「理科ふしぎ発見わくわくキャラバン—小学校理科観察・実験出前授業」における観察・実験, 和歌山県教育センター学びの丘研究紀要, 7, 1-9.
- 魚類学雑誌(2010)シリーズ・Series日本の希少魚類の現状と課題, 57(1), 75-79, http://www.fish-is.jp/iin/nature/article/pdf/5705_series.pdf. (閲覧日2017年3月13日).
- 海洋基本法(2007)平成19年法律第33号, <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H19/H19HO033.html>. (閲覧日2017年3月16日).
- 海洋基本計画(2013)総合海洋政策本部, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/>. (閲覧日2017年3月16日).
- 海洋政策研究財団(2013)海洋白書2013日本の動き世界の動き, 株式会社成山堂書店, 東京, 264 p.
- 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦(1980)カダヤシ—メダカカダヤシの生態, 日本の淡水生物侵略と攪乱の生態学, 東海大学出版会, 東京, 194 p.
- 三木勝仁(2011)第2回初等理科教育の観察・実験などの実態調査, 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要, 23, 82-87.
- 文部科学省(2008a)小学校学習指導要領, 114 p.
- 文部科学省(2008b)小学校学習指導要領解説:理科編, 大日本図書, 東京, 105 p.
- 向井貴彦(2007)DNAから見た外来種研究:どこまで犯人を追えるのか? 生物科学, 58, 192-201.
- 長島雄一(1999)学芸員による出前授業(アウトリーチ・プログラム)—福島県立博物館の場合—, 日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要, 3, 45-49.
- 酒井英次(2008)小中学校における海洋教育普及推進には何が必要か—海洋基本法第28条の実現に向けて—, 日本船舶海洋工学会誌, 21, 28 p.
- 酒井英次(2013)学校教育における海洋教育普及の具体的方策—一次期学習指導要領の改訂に向けて—, 海事交通研究, 62, 3-12.
- 酒井英次(2013)海洋に関する理解の増進と人材の育成・第一節学校教育における海洋教育の現状と課題, 海洋白書2013日本の動き世界の動き, 264 p.
- 社団法人海洋産業研究会(2011)平成22年度内閣官房総合海洋政策本部事務局調査・海洋教育の現状に関する調査報告書概要版, 7p., <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/chousa/kaiyoukyouikugaiyou.pdf>. (閲覧日2017年3月16日).
- 社団法人海洋産業研究会(2011)平成22年度内閣官房総合海洋政策本部事務局調査・海洋教育の現状に関する調査報告書, 107p. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/chousa/kaiyoukyouiku.pdf>. (閲覧日2017年3月16日).
- 田村宜也(1999)博物館と学校教育の融合を目指して—「出前授業」「博学合同研修会」の取り組みを通して—, 埼玉県立さきたま資料館:調査研究報告, 12, 101-112.
- 東京都教職員研修センター(2015)小学校中学校, 多様な教育課題に対応したカリキュラムモデル. シンソークリエイト, 東京, 119 p.
- 東京都教職員研修センター(2016)多様な教育課題に対応したカリキュラムモデルの開発(2年次). 東京都教職員研修センター紀要, 15, 4.
- 吉川弘之ほか44名(2010)受けつがれる生命(3)メダカのたんじょう, わくわく理科5, 啓林館, 大阪, 154 p.
- 吉原信敏・前田優・山田道夫・原田和雄・松川正樹(2016)アンケート調査に基づく小学校教員の理科の観察実験に対する「教えにくい」学習項目とその理由の経年変化, 東京学芸大学紀要, 自然科学系, 68, 285-296.

魚類標本の作製と登録に関わる博物館ボランティアの初期教育¹⁾

野口文隆²⁾・岸本浩和³⁾・富山晋一²⁾

Initial Education for Volunteers Who Assist with the Fish Collection Building in the Museum

Fumitaka NOGUCHI, Hirokazu KISHIMOTO and Shinichi TOMIYAMA

はじめに

現代博物館の四大機能として<資料の収集><資料の整理・保管><調査・研究><教育・普及>が挙げられている(加藤, 2000)。しかし, 日本の博物館では経営面から資料の整理・保管のための設備や人員が整っている館は限られている。これらの活動には設備も重要だが, 人材の確保は不可欠である。人員については学芸員などの専門職員を確保することが望ましいが, 専門ボランティアを導入することで現状を改善することができる。また, 資料の整理・保管を行うボランティア活動は, 生涯学習の場としても博物館活動の新たな面を見出してくれる。

最近では, 魚類標本の作製と管理に関して滋賀県立琵琶湖博物館(中島ほか, 2000)や鹿児島大学総合研究博物館(本村編, 2009), 東海大学海洋科学博物館(富山ほか, 2010)の事例などが報告されている。また, 神奈川県立生命の星・地球博物館(瀬能, 2005)や鹿児島大学総合研究博物館(本村, 2007: 本村編, 2009)などでは, ボランティアが魚類標本に関わる充実した活動を行っている。しかし, そのようなボランティアに対する教育プログラムのマニュアルは, 公表されていることが少ない。そこで, 東海大学海洋科学博物館(以下, 当館)では魚類標本の作製と登録に関するボランティアの教育プログ

ラムをマニュアル化したので, 紹介する。

ボランティア活動の概要と運営状況

当館は博物館の名称を有しているが, 実際には海洋生物の生体展示が主体であり, 水族館的な要素が充実している。一方, 博物館的機能の充実を計るために, 1970年の開館当初から展示を目的とした生体の採集に並行して標本(機関略号: MSM)の収集・保存に努め, 駿河湾の生物相の解明を目指している。現在, 登録標本は魚類を中心に25,000点を超え, 当館のみならず外部機関における展示や研究, 教育に広く活用されている。しかし, 資料の整理と保管に携わる人員の確保が困難で, その活動が停滞していた時期もあった。そのため, 2013年10月に標本作製と登録を行うボランティアの採用を開始した。ボランティアは東海大学海洋学部の1~3年生を対象としている。2016年度までに24名, 延べ354名が活動し, 毎年100個体以上の標本を作製・登録してきた。

ボランティアの運営担当には学芸員2名(飼育業務などと兼務)と元東海大学海洋研究所教員の特別ボランティア1名を置いている。特別ボランティアは標本作製・登録活動と共に, 他のボランティアに対する実技面でのサポートを行っている。活動は主に鉄骨2階建ての収蔵庫内にある作業スペースで行

¹⁾ 東海大学海洋科学博物館研究業績 No. 253.

Contributions from the Marine Science Museum, Tokai University, No. 253.

²⁾ 東海大学海洋科学博物館 424-8620, 静岡県静岡市清水区三保2389

Marine Science Museum, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8620, Japan

³⁾ 元東海大学海洋研究所 424-8610, 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1

Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University (Former post), 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka 424-8610, Japan



図1 収蔵庫の作業スペース（約20㎡）。

ない（図1）、食事や休憩場所として別棟に1部屋を用意している。活動中の怪我に備えてボランティア活動保険（社会福祉協議会）に加入し、その費用は当館が負担している。交通費や食事などの支給は行っていない。

ボランティアの中から選ばれた担当長は、全体の統括や各メンバーの活動スケジュールを調整する。スケジュールは月末に翌月の予定が学芸員に報告される。学芸員はボランティアの活動日毎に、作業内容を指示する。

ボランティア育成の手順と内容

当館でボランティアとして活動するためには、事前説明会への参加と教育プログラム受講による専門知識の習得が必須となる（表1）。

ボランティアの募集は年に1回、7～8月頃に行い、教育プログラムの実施は学生の授業や学芸員の都合に合わせて9～10月に実施する。受講定員は作業スペースや実技講習時の丁寧な指導を考慮して、最大4名までとしている。

1. 事前説明会

ボランティア活動の意義や内容に関する概要（図2）、および後述する教育プログラムについて説明する。説明会后、希望者に活動の意思を再度確認したうえで教育プログラムを開始する。希望者が考えていた活動内容や条件と相違がないことを確認することは、長期間に及ぶ活動で重要な事柄の一つになる。また、募集する人数やボランティア全体の定員は運営担当者の人員や館の業務体制を十分に考慮し

表1 ボランティア育成の手順。

実施項目
1. 事前説明会と意志確認
2. 教育プログラム実施
① 講座（2講座）
② 実技講習
③ 筆記試験
（不合格者のみ再試験）
3. 採用、活動開始
4. 活動のフォローアップ

ながら計画する。

2. 教育プログラム

講座・実技講習・筆記試験の3項目を順に行う。講座では「ボランティアについて」と「標本について」の2講座を行う。実技講習では標本の作製と登録を実施する。最後に筆記試験で習得状況を確認する。

2-1. 講座

2講座は各2時間ずつ行う。最初の講座「ボランティアについて」では、当館の組織構造、博物館内の職員・来館者に対するマナー、ボランティア自身の服装、活動の心構えなどについて講義を行う（表2）。内容には社会人として基本的なモラルも含まれるが、館としての方針や考えを伝えることが必要である。また、その際には、他部署の意見も十分に取り入れて、活動後のトラブルにつながらないようにする。さらに、単独作業中の地震や火災などの災害、怪我、物品破損なども想定して、これらの対処方法を説明することは不可欠である。

上記に加え、本講座では受講者に「ボランティアアンケート」（表3）と「博物館の標本に関する設問」（表4）を実施する。この結果から、各受講者の経験、考え、知識を知り、その後の指導に役立てることができる。

次の講座「博物館の標本と魚類標本について」では、自然史標本の基本的な知識から、所蔵標本の概要と収集目的、駿河湾産魚類相の研究史と課題、魚類の形態形質、作業の注意事項、標本作製の手順、標本写真の撮影方法などについて説明を行う。最初に標本の重要性や収集目的について十分に理解を深めることは、その後の作業の質を高め、標本の丁寧

標本ボランティアについて

■活動意義

海洋科学博物館では、主に駿河湾の生物相を明らかにすることを目的として標本の収集を続けています。現在、登録標本は魚類を中心に 25,000 点を超え、それらは当館のみならず外部機関においても研究や教育に利用されています。当館ではボランティアの皆さんと共に収集標本の充実を図ることで、これらに基づく展示・研究・教育活動のさらなる進展を目指します。

■活動内容

- ・標本の作製，同定，写真撮影，整理
- *その他にも関連する作業をお願いする場合があります。

■活動場所

- ・標本室（7～9 月は第 4 研究室）
- *休憩場所は実験棟 2 階

■活動日と時間

- ・毎月 2 日以上の活動
- （各月の活動日は、その前月の中旬頃までに博物館へ報告する）
- ・9 時 30 分～16 時 30 分（12 時～13 時は休憩。ただし外出不可）
- *その他、適時ミーティングを開催します。

■運営体制

学芸員（富山・野口）

↓

特別ボランティア
（岸本：元 本学海洋研究所教員）

↓

学生ボランティア

■待遇

- ・ボランティア活動保険加入
- *費用は博物館が持ちます。

図2 説明会開催時の配布資料。

な取り扱いへと結びついていく。作業で重要となる標本の固定手法や魚類の体各部の名称，計数・計測方法は特に詳細に教える。

講義・実技講習用の教材としては、専用テキスト（付録参照）の他、参考資料として「東海大学海洋科学博物館における魚類標本の登録・管理（富山ほか，2010）」や「魚類学実験テキスト（岸本ほか編，2006）」を使用する。専用テキストは富山ほか（2010）の要点を抜粋して作成し、必要に応じて内容を随時変更している。ボランティア活動を実施する前には標本取扱いの詳細を確定させ、それらの内でどの項目をボランティアに担当として任せるのかを十分に検討しておくことが望ましい。

2-2. 実技講習

実技講習は実際に魚類標本を用いて、2日間（計10時間）実施する。受講者1名につき1種1個体の標本を用意するが、種の指定は特にない。但し、同定作業が比較的容易な種類が望ましい。実技内容は事前の講義内容を確認しながら、作製から登録までのすべての作業手順、すなわち標本の展鱗と固定、写真撮影、登録タグの作製・取り付け、種の同定、台帳記入、ラベルの作成、および配架を行う。展鱗や固定の作業では、体の整形や鱗の広がり不十分な場合があるので注意する。種の同定には、「日本産魚類検索 全種の同定 第三版（中坊編，2013）」を用いる。計数・計測方法も本書に準拠し、標本を用

表2 ボランティアに指導する注意事項.

項 目
<ul style="list-style-type: none"> ・博物館のスタッフとして意識を持つ. ・博物館の職員や関係者に会った場合はしっかりと挨拶をする. ・活動中には名札を着用する. ・活動中の服装は汚れてよい服. サンドルは禁止. ・時間厳守. 急なことで活動できない場合は必ず連絡をする. ・わからないことは勝手に判断しない. 必ず相談, 連絡をする. ・活動中の物の破損やケガなどは, ただちに報告をする. ・作業中に薬品を使用するが取扱いには十分に注意する. ・換気や手袋, メガネなどの着用を心がける.

表3 ボランティア・アンケート.

質 問 項 目
<ul style="list-style-type: none"> ・ボランティアとは何だと思えますか? ・これまでボランティア活動に参加したことはありますか? <ul style="list-style-type: none"> 1. 「ある方」は具体的にどのような活動を行いましたか? 2. 「ない方」はなぜ参加しませんでしたか? ・博物館のボランティア活動に参加した理由は何ですか? ・標本ボランティアでは, どのような活動をするとおもいますか? ・標本活動のなかで, やってみたいことは何ですか? ・活動で不安なことはないですか?

表4 博物館の標本に関する設問.

設 問 項 目
<ul style="list-style-type: none"> ・博物館の役割や目的は? <ul style="list-style-type: none"> 1. 研究 2. 教育 3. 保存 4. 娯楽 5. 普及 (展示) 6. 資料の収集 ・博物館が標本を作製し, 保管する目的は何ですか? <ul style="list-style-type: none"> 1. 物があるから 2. 研究 3. 展示 4. 教育 ・「標本」とは何ですか? ・魚の標本を作製する手順を簡単に説明してください. ・標本の維持管理で大切なことは何ですか? ・自然史系標本の種類を挙げてください. 例) 骨格標本, 剥製 ・知っている言葉に○をつけて下さい. <ul style="list-style-type: none"> 登録番号 同定 機関略号 学名 タイプ標本 配架 台帳 標本ラベル 液浸 標準和名 ホルマリン 展鱗 固定 エタノール 番号タグ 保存液 虫ピン

いて詳細に説明する. 同定時に観察した形質はデータシート (図3) に記入し, 同定が終了したら学芸員に提出するよう指示する. 一連の作業のうち, 写真撮影はボランティアが苦手とする項目の一つである. カメラの原理について十分に理解できていない

ことが多いため, 詳細な説明をする. また, 顕微鏡を使い慣れていないため, 標本観察時には肉眼に頼って魚体の特徴を見誤ることが多い. 顕微鏡の使用を習慣づけることが必要である.

標本作製における細かな技術については, 初期段

DATA SHEET				
Species name:		Condition: %		Sex:
Family name:		Color photo:		X-ray:
Registered no.:		on: 20 ()		
Measured by:		Bottle / Container:		
Depository:				
Dimension	mm	Counts	Left	Right
1. Total length	-			
2. Fork length	-	Fins D		
3. Standard length	-	A		
4. Body depth (at anal fin origin)	-	C [upper-lower]		+
5. Head length	-	P		
6. Head depth	-	P		
7. Postorbital part of head	-	Scales LL		
8. Interorbital width	-	LLp		
9. Orbit diameter (Eye diameter)	-	Tr (above / below)	/	/
10. Snout length	-	Gill rakers [upper-lower]	+	+
11. Maxillary length	-			
12. Maxillary width	-			
13. Caudal peduncle depth	-			
14. Caudal peduncle length	-			
15. Predorsal length	-			
16. D ¹ basal length	-			
17. D ² basal length	-			
18. P ¹ basal length	-			
19. P ² basal length	-			
20. P ³ basal length	-			
21. D ¹ (D) longest spine length (th)	-			
22. D ² spine length	-			
23. D ¹ (D) longest soft ray length (th)	-			
24. P ¹ length	-			
25. P ¹ longest soft ray length (th)	-			
26. P ² length	-			
27. A ¹ spine length (1st, 2nd, 3rd)	-			
28. A ¹ longest soft ray length (th)	-			
29. Caudal fin length	-			
30	-			
31	-			
32	-			
33	-			
34	-			
35	-			
36	-			
37	-			
38	-			
39	-			
40	-			
Memo		Further notes:		

図3 データシート。

階での習得が難しい。実技講習では、あくまで作業手順の把握が重要となる。

2-3. 筆記試験

2つの講座と実技講習で実施した内容から出題する。試験時間は60分で、終了後には解答と説明を30分かけて行う。合格基準は正解率60%以上とし、達しなかった場合は再試験の機会を設ける。再試験は設問が前回と半数以上異なる内容のものを用いて行う。

筆記試験は標本の重要性や作製手法を十分に知識として身に付けてもらうために実施する。同時に、学芸員は各受講者の習得が不十分な箇所を具体的に把握することができる。

以上、講座から試験までの一連の教育プログラムは、計15.5時間になる。

3. 登録後のボランティアへのフォローアップ

新人は、採用後の2~3カ月間、以前から活動しているボランティアと組んで活動し、十分に経験を積む。また、学芸員も時間をかけて指導に当たる。単独での活動の許可は、各人の習得状況を学芸員が判断して決定する。

全てのボランティアは、作業の終了後にデータシート、標本写真、台帳、活動記録帳を学芸員に提出し、学芸員はその内容に不備がないかチェックする。同定に不備がある場合は、標本の再観察を指示する。写真撮影は色彩の記録として十分な精度が得られて

活動への期待感（設問7）は平均1.2（範囲1～2）で、「楽しそう」と感じているボランティアがほとんどであり、今後の活動意欲（設問8）についても全員が続けるとの回答であった。これらのことから、活動に対して何からの不安があっても、活動に対する意欲は高いものであった。

以上の調査結果から、本教育プログラムは、ボランティアが必要とする基本的な知識と技術を伝えられる点、それらに対する受講者の習得状況を把握できる点、そしてボランティア活動において最も重要な高い意欲を引き出せる点において、有効であると考えられる。

今後の課題と期待

大学博物館は教育・展示という機能に目が向きがちであるが、博物資源貯蔵庫としての機能が最も重要である（木村ほか，2014）。また、研究や標本の収集をせず、単に展示のみを行う博物館は単なる「見せ物小屋」になってしまう恐れがある（松浦，2010）。しかし、本報告の冒頭でも述べたように、多くの博物館では標本収集・管理のための人員、コスト、保管場所などの不足が課題となっている（瀬能，2005；本村，2007；木村ほか，2014）。これらの内、人員とそれに関わるコストの問題を改善する手段として、ボランティアは欠かせない存在になりつつある。

本報告で紹介したボランティアの教育プログラムは、新人を対象としたものである。そのため活動を継続していくと、求められる知識や技術が本教育プログラムの内容を超える事態も発生する。このような問題の克服には個人差が生まれやすい。したがって、今後はより高度な教育プログラムを新たに開発することが必要である。また、ボランティアが長期的に活動を続けていくためには、個々が抱える技術的や心理的な課題に対して学芸員が適宜フォローし、やりがいを持続できるようにコミュニケーションをとっていく必要がある。

最後に、当館の教育プログラムは生物に強い興味をもつ本学海洋学部の学生を対象に行っており、その他の一般の方をボランティアとして採用する際に同様の効果が得られるかは、今後の検証課題となる。しかし、学生ボランティアも最初から標本に関する専門知識や技術が十分に備わっているわけではなく、この点において一般の方との差はほとんどない

と考えられる。ゆえに、魚類への興味さえあれば、一般の方においても同様の効果が期待できる。当館の学生ボランティアの活動期間は最長でも3年間しかないため、今後はより長く活動を継続できる一般の方々も採用できる体制を整えていきたい。

謝 辞

本報告作成にあたり、東海大学海洋科学博物館の業務課における学芸員の方々には多大なるご配慮をいただき、厚く御礼申し上げます。本報告の一部は、平成28年度科学研究補助金（課題番号：16H00079）の助成を受けて行った。

引用文献

- 加藤有次（2000）博物館機能論. 3-24, 加藤有次・鷹野光行・西源二郎・山田英徳・米田耕司編：新版 博物館学講座4 博物館機能論, 雄山閣出版, 東京, 235 p.
- 木村祐貴・新野洋平・坂上 嶺・佐々木 司・清水則雄（2014）広島大学総合博物館に収蔵された魚類標本：1909-2013年. 広島大学総合博物館研究報告, **6**, 71-99.
- 岸本浩和・鈴木伸洋・赤川 泉編（2006）魚類学実験テキスト. 東海大学出版会, 神奈川, 130 p.
- 松浦啓一（2010）標本の世界Q & A. 1-6, 標本の世界. 東海大学出版会, 神奈川, 124 p.
- 本村浩之（2007）鹿児島大学総合研究博物館の魚類コレクション. 鹿児島大学総合研究博物館 news letter, **16**, 1-7.
- 本村浩之編（2009）魚類標本の作製と管理マニュアル. 鹿児島大学総合研究博物館, 鹿児島, 69 p.
- 中坊徹次編（2013）日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会, 神奈川, 2428 p.
- 中島経夫・濱口浩之・木戸裕子（2000）琵琶湖博物館魚類標本登録・管理マニュアル 1999年度改訂版. 琵琶湖博物館資料目録, **3**, 1-12.
- 瀬能 宏（2005）魚類資料の整理, ステップ化とコード化によるボランティア参加の実現. 自然科学のとびら, **11**, 26-27.
- 富山晋一・岸本浩和・野口文隆（2010）東海大学海洋科学博物館における魚類標本の登録・管理. 海・人・自然（東海大学博物館研究報告）, **10**, 59-67.

—付録—

ボランティア講習テキスト（標本）

1. 自然史標本とは何か

自然史研究のための資料。

自然物を集めればすべて自然史標本（以下、標本）になりうるが、研究資料としての価値があるのは、良好な状態で保存されかつ採集データが揃っているもの。

2. 所蔵標本の概要

収集目的：主として駿河湾の生物相（特に魚類）の調査。

学内資料の保存、展示資料など。

収蔵点数：約 25,300 点（魚類約 23,000 点、無脊椎約 2,300 点）

タイプ標本（テンジクハナダイ、ソコモンガラなど）

日本初（コガシラボウエンギョ、ナンヨウフクメンイタチウオなど）

その他（駿河湾初、再記載、比較標本、図鑑掲載 etc.）

機関略号：MSM（Marine Science Museum, Tokai University）

Leviton et al. (1985)や Fricke and Eschmeyer (Catalog of fish online database) により国際的に周知。

入手方法：自家採集（潜水、釣り、定置網・底曳網などへの便乗）、漁業者等からの受贈・購入、学部教員・学生からの登録依頼など。

利 用：研究（魚類相、分類、形態など）・教育（展示、レクチャーなど）
外部機関への貸出も行う。

3. 駿河湾の魚類相について

i) 代表的な過去の研究

黒田長禮：1931～1974 年にかけて駿河湾の魚類目録を発表。計 1016 種を報告。

Shinohara and Matsuura (1997)：深海性魚類を約 490 種報告。

瀬能ほか (1997)：大瀬崎で撮影された水中写真に基づき約 615 種を報告。

→ その他の報告や当館の知見も合わせると、現在確認されている駿河湾産魚類は約 1,500 種。

ii) 過去の研究における問題点

報告の根拠となる標本の所在が少なからず不明。

→ 科学的再現性が保たれていない

（例）黒田（1951）のササノハベラはホシササ？ アカササ？

iii) MSM の目標

既知種の収集：過去の記録を検証する。

未記録種の収集：新知見の獲得（すでに多数の駿河湾未記録種の標本あり）。

→ 以上のデータに基づく再現性ある魚類目録の作成。

4. 作業内容と手順

i) 解凍

流水（海水）で解凍する。

採集データは袋に直接または封入してあるラベルに記入されている。複数標本を解凍する場合は、データが混ざらないように注意。

多数の個体がまとめて冷凍されていた場合は、処理可能な個体数を確保した後、残りを小分けにして再冷凍する（データの封入を忘れない）。

ii) 登録番号

MSM・西暦末尾2桁・その年における登録標本の通し番号からなる。(例:MSM-18-123)
通常1個体に1登録番号（稀にロット式）を与える。

iii) 標本作製

洗浄、整形・展鱗、固定（詳細は実技講習で）

中性ホルマリン（原液1ℓに対し四ホウ酸ナトリウム50g）を使用。

iv) 写真撮影

撮影台を使用。撮影台に収まらない大型標本は床に直接大型のバックパネルを設置して撮影。通常は白と黒の背景で撮影。

v) タグ付け

右の鰓腔から口に糸を通して装着する。

タグはダイモで作製。ただし、大型標本では布タグを作製。

小型標本では破損の恐れがあるため装着しない（小瓶に標本とタグを一緒に入れる）。

vi) 同定

主に魚類検索第三版を使用する。

データシートに同定根拠を記録（記入は検索に使用した形質のみで良い）。

vii) 固定・保存

体長15cmより大きい個体では腹腔内や筋肉中に10%ホルマリンを注射する。

固定用水槽に入れて固定後、中性ホルマリンまたは70%エタノールで保存。

viii) ラベル作成

同定結果や採集データを記入。保存瓶に入る小型標本のみ作製。

ix) 容器と配架

小型標本はビン、中・大型標本はコンテナかコンクリート槽に収容。

採集地が同じ標本は1つの瓶にまとめる。

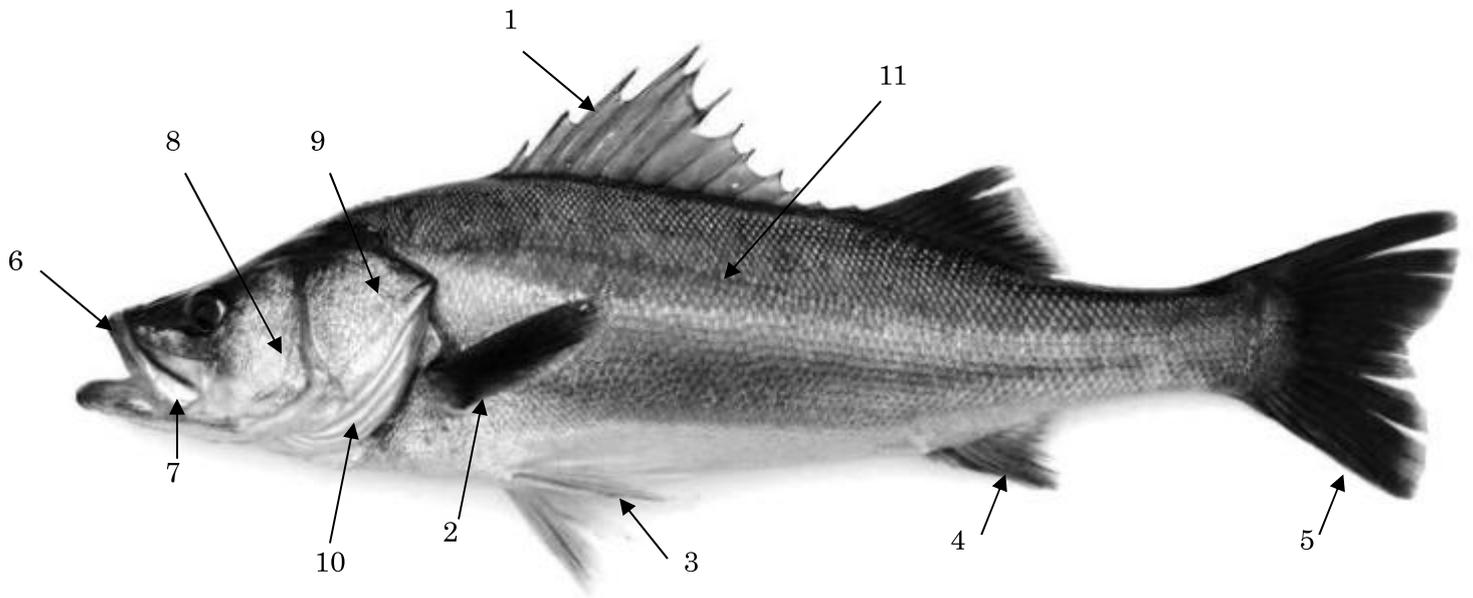
x) 台帳記入

同定結果、採集データ、保存場所等を記録する。

保存液は以下のように略記する：10%ホルマリン（F）、10%中性ホルマリン（NF）、70%エタノール（E）

注意事項：上記項目i~vは、必ず当日中に終わらせること。

5. 魚類の形態形質



i) 上図 1~11 の名称を答えよ

- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| 1. _____ | 2. _____ | 3. _____ |
| 4. _____ | 5. _____ | 6. _____ |
| 7. _____ | 8. _____ | 9. _____ |
| 10. _____ | 11. _____ | |

ii) 以下の範囲を答えよ

- 頭 部 : _____
- 軀幹部 : _____
- 尾 部 : _____

iii) a. 全長、b. 体長、c. 頭長、d. 尾柄長の計測範囲を下図に示せ.



iv) 以下の鱗式を示せ

A: _____ B: _____ C: _____



v) 以下の鱗の計数方法のうち、正しいものを選べ

- ①側線鱗数は、例外なく側線上に並ぶ鱗をすべて計数する。
- ②側線上方横列鱗数は背鰭起部から後下方へ側線まで続く鱗を計数し、側線上の1枚は含めない。
- ③横列鱗数は背鰭起部から後下方へ腹中線まで続く鱗を計数する。
- ④側線下方横列鱗数は臀鰭起部から前上方へ側線まで続く鱗を計数し、側線上の1枚を含める。

vi) 右図の鰓耙数を上枝と下枝に分けて示せ。

上枝 _____ + 下枝 _____

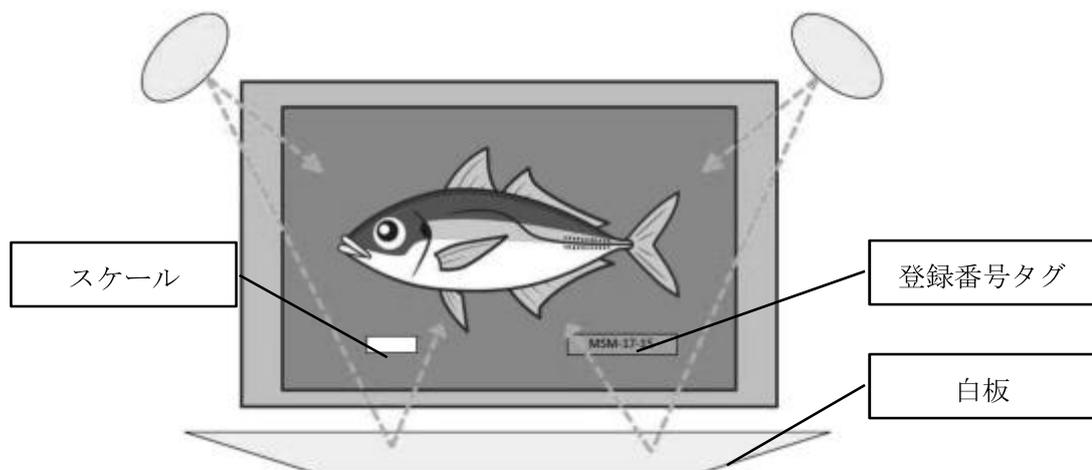
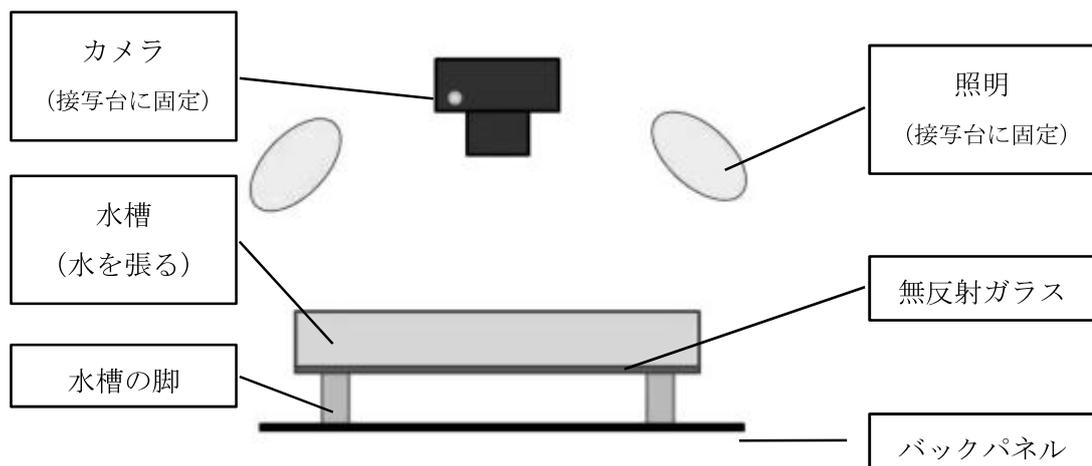


6. 標本写真の撮影

i) 準備するもの

- ・デジタル一眼レフカメラ (Nikon D7100)
- ・レンズ (Nikon AF MICRO NIKKOR 60 mm; AF-S NIKKOR 18-105 mm)
- ・接写台
- ・バックパネル (白・黒)
- ・照明
- ・水槽と脚 (フィルムケース or 瓶)
- ・無反射ガラス
- ・スケール
- ・白板

ii) セッティング



※白板を設置することで、照明の光を反射して標本の腹面を照らすことができる。

iii) カメラの設定 (Nikon D7100 の場合)

1. 絞り優先モードにする

①撮影モードダイヤル (カメラ上面左) を A に合わせる。

②サブコマンドダイヤル (前面右上) を回して絞り値 (F 値) を設定する。

※絞り優先モードでは、絞りを設定すると適切な露出になるようカメラが自動的にシャッタースピードを決定する。

	被写界深度	明るさ	シャッタースピード
絞りを開く (絞り値を小さくする)	浅い	明るい	早い
絞り込む (絞り値を大きくする)	深い	暗い	遅い

2. ホワイトバランスを調整する

①WB ボタン (カメラ背面左側) を押しながら、メインコマンドダイヤル (背面右上) を回して A (オート) に設定する。

3. 露出の初期値を設定する

①露出補正ボタン (+/-) (カメラ上面右) を押しつつ、メインコマンドダイヤルで設定。

・被写体を白バックで撮影する場合 → 目安は 0

・被写体を黒バックで撮影する場合 → 目安は -1.0

※数値が大きいほど明るい写真、小さいほど暗い写真になる。

4. ISO 感度を設定する

①MENU ボタンを押し、撮影メニューから「ISO 感度設定」を選択する。

②感度を 800 に設定する。

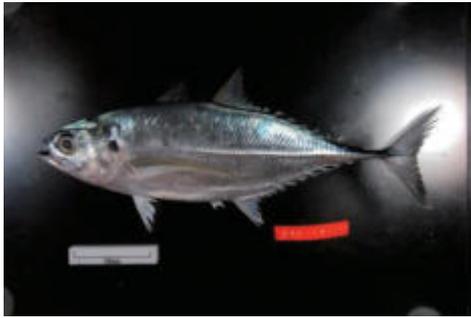
5. タイマーを設定する

①撮影モードダイヤル直下のダイヤルで時計マークを選択

②MENU ボタンを押し、カスタムメニューから「AE ロック・タイマー」→「セルフタイマー」を選択し、時間を 2 秒に設定。

iv) 写真のチェック

1. 反射が写り込んでいないか？



(対処)

照明の角度や距離を工夫する。

2. 背景は汚れていないか？



(対処)

水槽と無反射ガラスを洗い、水の入
れ替えをする。

3. 真横かつ水平な姿勢で写っているか？



↑腹が浮いている

(対処) 腹が浮く場合は、腹腔内のガスを注射器で抜く。



↑頭部が下がっている

4. タグなどが重なっていないか？



(対処)

タグやスケールは標本から十分に離し
て置く。

5. 画面に対し標本が小さく写っていないか？



(対処)

標本が画面の幅の 7~8 割を占めるよう拡大する。

6. 画面の明るさは適切か？



(対処)

左図のように標本が明るく写りすぎている場合は、露出の初期値を小さくする (=画面が暗くなる)。反対に、暗すぎる場合は初期値を大きくする (=明るくなる)。

7. ピントは合っているか？

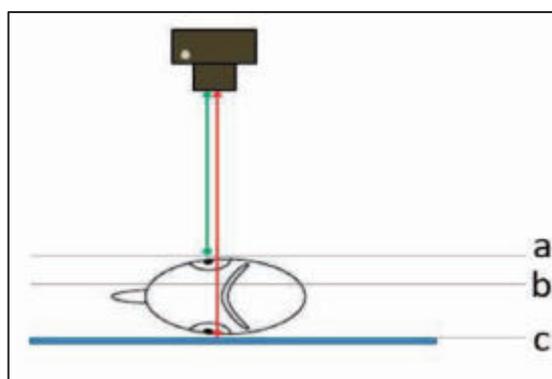


(対処)

レンズのピント調整機能を使って、レンズに最も近い体表にピントを合わせる (下図の a ライン)。次に、被写界深度を調節し、レンズから最も遠い体表 (c ライン) にもピントが合うようにする。

～被写界深度とは？～

カメラがピントを合わせられる範囲のこと。被写界深度が下図の a~b の範囲に設定されている時、b~c はピンボケする。被写界深度を深くとり (F 値を大きくし)、a~c にピントが合うようにする。被写界深度を深くしすぎると、水槽の下に落ちているゴミや汚れも写ってしまうので注意。



※2本の矢印はレンズから a・c 各ラインまでの距離を示す。

東海大学博物館研究報告投稿規定

1. 東海大学博物館研究報告は、海洋科学博物館、自然史博物館における資料・標本の調査研究または教育活動の研究成果の報告書とし、主に東海大学博物館の学芸員およびその共同研究者から投稿を受け付け、原則として隔年発行とする（2007年より）。
2. 原稿には次の種類を設ける。原著論文、短報、総説、資料など。
3. 原稿の内容や形式は著者の責任において十分に検討されたもので、本規定で別に設ける「原稿作成要領」に従う。
4. 東海大学博物館研究報告の原著論文の査読については、編集委員が適当と判断した当該分野の研究者2名に依頼する。

原稿作成要領

1. 用 語

原稿は和文または英文とする。

2. 構 成

- (1) 表題、英文要旨 (Abstract)、要旨の直訳、本文 [例：緒言 (Introduction)、材料と方法 (Materials and methods)、結果 (Results)、論議 (Discussion)、謝辞 (Acknowledgment)、引用文献 (Literature cited) の順で作成]、図表及び写真とそのキャプション (英文が望ましい) から構成される。短報についてもこれに従う。
- (2) 表 題
 - (a) 表題、著者名、所属及び住所 (郵便番号必記) を本文とは別の紙に和文及び英文で上記の順に行を改めて書く。
 - (b) 表題を省略したRunning head (ハシラ) を和文原稿は和文 (20字程度) で、英文原稿は英文 (30字程度) で指定する。なお、3語程度のキーワードを記載する。
 - (c) 英文表題の単語のうち、接続詞、冠詞、及び前置詞以外はすべて大文字で書き出す。ただし、文頭は全て大文字とする。

[例：The Evaluation Test of the Xanto Decca Chain in Suruga Bay.]

3. 書き方

- (1) 原稿は原則としてワープロソフトを使用して作成し、紙面出力原稿2部 (1部はコピー) とテキストファイル (.txt) の入ったCD-Rなど記憶媒体を1枚提出する。
- (2) 和文の紙面出力原稿はA4判縦置きで、横書き、1行全角36字程度、30行程度で、行間をあけて上下左右に3cm程度の余白をとる。
- (3) 英文原稿は、A4判縦置きで、横書き、30行程度で、行間をあけて、和文原稿と同様な余白をとる。
- (4) 和文の句読点はピリオド (.) とカンマ (,) を用いる。
- (5) 動物名などの学名の属名と種名は、紙面出力原稿にイタリック指定を示す赤の下線を引く。和名の場合には、カタカナを用いる。

[例：Homo sapiens]

- (6) 特殊文字や記号、外字、下付小文字などの指定については紙面出力原稿に赤で指定する。
- (7) 脚注は原則として用いない。

- (8) 本文中に文献を引用するときは著者の姓と年号（カッコで囲む）で表す。たとえば Nishimura (1975) studied …, …いくつかの研究がある（岩下, 1975 ; 西村, 1978）等とする。著者が2人以上の場合は, 岩下・西村 (1975), Nishimura et al. (1975), 西村ほか (1975) のように書く。
- (9) 図（写真を含む）及び表
- (a) 図表はそのまま写真版下になるよう作図, 作表したもの。図表には印刷時の大きさを指定するか, できれば原寸大そのものを提出する。
- (b) 図表の表題と説明文（キャプション）は原則として英文とする。その原稿は別の紙に順を追って書き, 本文中には書かない。
- (c) 図表には著者名と図表番号を明記する。
- (10) 引用文献
- (a) 本文中に引用した文献のみを著者の姓のアルファベット順に別紙を並べ, 番号はつけない。
- (b) 引用文献表記の形式は著者名（欧文文献の主著者は姓を先に, 第2著者以後は姓を後に）, 西暦年（カッコで囲む）, 表題, 雑誌名（単行書のときは書名）, 巻（号）（号のみの場合は巻の表記と同じ）, 頁-頁とし, 単行書のときは表題のあとに出版社, 発行都市, 総頁数p. の順に記載する。雑誌名の書名は頭文字を大文字で書く。巻と号はアラビア数字とし, ローマ数字を用いない。編著の場合は, 編: 書名, を加える（英文ではIn … ed.: …, ）。同一著者が単独と他との共著で現れる場合は, 単独の文献に続いて, 2人共著, 3人共著……の順に並べる。著者が何人いても, Aほか, A et al. とはせず, A・B・C・D（和文文献）, A, B, C and D（欧文文献）のようにする。同じ著者の論文が続く場合, 著者名を略さず, また同じ雑誌名が続くような場合も Ibid. 等で略さず全部書く。引用文献の表記については下の例を参照。
- (c) 英文論文中に和文の文献を引用するときは, 各文献の末尾にカッコをつけて（in Japanese with English abstract）, または（in Japanese）と付記する。
- (d) Web site上の文献引用については, 題名とサイト名とそのURLを表記する。

[引用文献の表記例]

- 鎮西清隆 (1980) 掛川層群の軟体動物化石群, その構成と水平分布. 国立科博専報, **13**, 15-20.
- Haq, B. U., J. Hardenbol and P. R. Vail (1987) Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, **235**, 1156-1166.
- 星野通平 (1976) 駿河湾のなぞ, 沈黙の海底と生きている化石. 静岡新聞社, 静岡, 253 p.
- 久保田 正 (1995) ミズウオの鳴らす警鐘. 佐尾和子・丹後玲子・根本 稔編: プラスチックの海, おびやかされる海の生きものたち, 海洋工学研究所出版部, 東京, 67-74.
- Cohen, D. M. (1986) Family Moridae. In Smith, M. M. and P. C. Heemstra eds.: *Smiths' sea fishes*, Springer-Verlag, Berlin, 326-328.
- 安田 進 (2009) 2009年静岡県沖の地震の現地被災調査メモ. 日本地震工学会web site : 2009年8月駿河湾の地震に関する情報, <http://www.jsce.or.jp/committee/eec2/files/090811suruga4.pdf>. (閲覧日2009年10月1日).

編集委員会

編集委員長：柴 正博

編集委員：鈴木宏易

富山晋一

海・人・自然

東海大学博物館研究報告

Science Reports of The Museum, Tokai University

No. 14

2018年3月

2018年3月31日発行

編集・発行 東海大学海洋学部博物館

館長 秋山 信彦

424-8620 静岡県静岡市清水区三保2389

電話：054-334-2385 FAX：054-335-7095

<http://www.muse-tokai.jp/>

No. 14

March, 2018

**Science Reports of
The Museum, Tokai University**

**Museum of School of Marine Science and Technology,
Tokai University**