

報 告

## 更新統下総層群木下層からのヒゲクジラ類化石の発掘調査報告 —堆積相・微化石・地中レーダ探査

岡崎浩子<sup>1)</sup>・石井明夫<sup>1)</sup>・金子 稔<sup>2)</sup>・田村 亨<sup>3)</sup>・群馬県立太田女子高等学校地学部<sup>2)</sup>  
(今橋春日・原島 舞・佐藤有花・猪口華蓮・松倉亜里紗)・加藤久佳<sup>1)</sup>・伊左治鎮司<sup>1)</sup>・  
田中源吾<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 千葉県立中央博物館

〒260-8682 千葉県千葉市中央区青葉町 955-2

<sup>2)</sup> 群馬県立太田女子高等学校

〒373-8511 群馬県太田市八幡町 16-7

<sup>3)</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

<sup>4)</sup> 金沢大学国際基幹教育院

〒920-1192 石川県金沢市角間町

<sup>1)</sup> E-mail: kohiroko@chiba-muse.or.jp

**要 旨** 千葉県柏市の下総層群木下層からヒゲクジラ類化石の頭骨やサメの歯化石多数が見つかった。本報告はその予報として産出地層の概要と古環境について堆積相と微化石から報告する。また、このような大型化石の発掘調査に際し地中レーダ探査が有効であるのかについても検討を行った。

**キーワード**：クジラ発掘, 微化石, 地中レーダ, 下総層群木下層

平成24年4月、千葉県立中央博物館市民研究員石井明夫が千葉県柏市の下総層群木下層からクジラの脊椎骨化石を発見し、その後の中央博物館研究員を中心とした発掘調査により、左右の頬骨突起間の最大幅が約130cmの保存の良いヒゲクジラ類の頭骨やサメの歯化石多数が見つかった。頭骨には右鼓室胞も残っており第四紀のクジラの分類とその生態を知る貴重な資料の一つとなった(木村ほか, 2014)。大型化石の詳細については別途報告するが、本報告はその予報として産出地層の概要と古環境について報告する。また、このような大型化石の発掘調査に際し地中レーダ(GPR: Ground Penetrating Radar)探査が有効であるかについても検討を行った。

クジラ化石が発掘された更新統下総層群木下層は、酸素同位体比曲線で示される海水準変動のステージ(MIS) 5 (5e)の時代に関東平野地域に広がっていた浅海“古東京湾”の堆積物である(図1)。岡崎・増田(1992)は古東京湾の東部地域に海進に伴うバリアー島海岸の出現を復元している。木下層は貝化石が多産することが古くから知られ、印西市の木下貝化石層は「木下貝層」として平成14年に国の天然記念物に指定されている。木下層の貝化石層の分布については、小

島(1958)、青木・馬場(1973)などによって明らかにされてきた。岡崎・増田(1992)は含貝化石砂層が、バリアー島の内湾域に潮流口を通じた外洋から内湾への潮流の流れ込みにより形成された、上げ潮潮汐三角州堆積物であることを報告している(図1b)。なお、印西市大竹の木下層からもザトウクジラの頭骨の産出が報告されている(Nagasawa and Mitani, 2004)。

本報告では木下層の堆積相解析および微化石分析(介形虫、浮遊性有孔虫、底生有孔虫)の結果から推定される古環境について述べる。また、化石探査に用いた地中レーダは、物体に電磁波を放ちその反射信号を検出することによって内部構造を探査するもので、土質調査から鉄筋コンクリートの配筋調査まで幅広く利用されている。近年は、海浜や砂丘、河川砂州などの堆積物調査(田村ほか, 2010; Okazaki *et al.*, 2015など)、また考古遺跡発掘調査などにも適用されている(古川ほか, 2010など)。今回の探査では残りのクジラ骨格化石の発見には至らなかったが、このような発掘調査での地中レーダ使用の注意点が提示された。

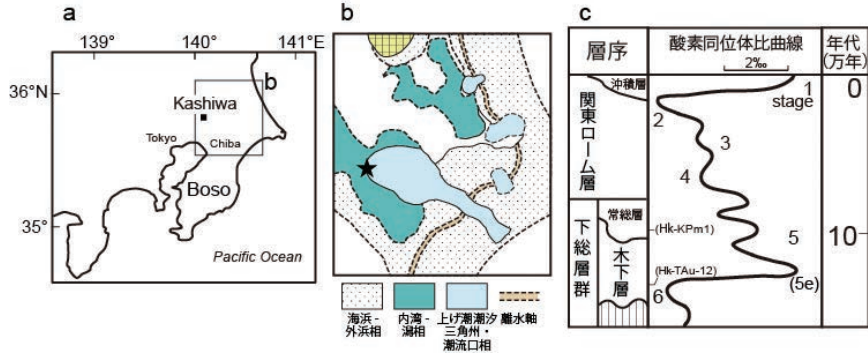


図 1.

a. 調査地点. b. MIS 5e 当時の古東京湾のバリアー島海岸の復元図と調査地点 (★). 岡崎・増田 (1992) を改変. 外浜 - 海浜相は主にバリアー島海岸部を示す. 調査地点は上げ潮潮汐三角州分布域の湾尻に近い地点にあたる. c. 調査地点の下総層群の層序と酸素同位体比曲線 (岡崎・中里, 2009 を改変) との対応.

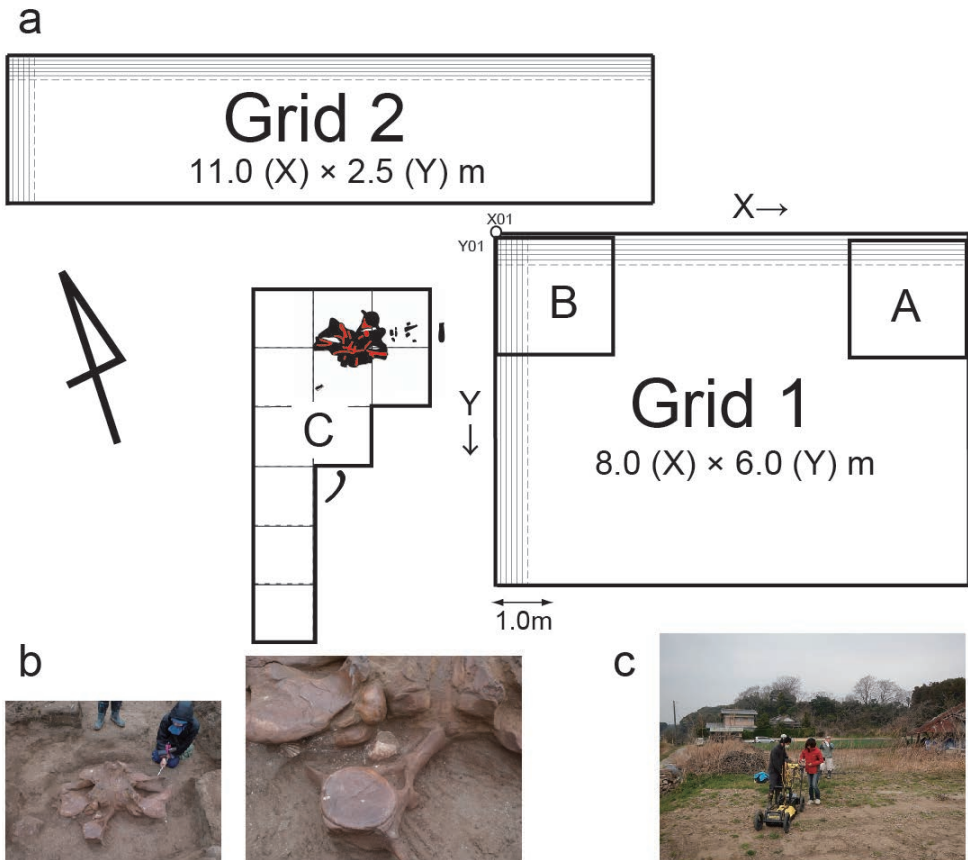


図 2.

a. 調査地点の平面図. Grid 1, Grid 2 は地中レーダ探査の区画. 細線は探査側線の一部を示す. このような方向に 10cm ごとに探査を行った. A ~ C は化石発掘のための深さ約 60 ~ 100cm のトレンチ. トレンチ C 中の黒塗りはクジラ頭骨などを示す. b. トレンチ C で発掘されたクジラ頭骨, 脊椎骨などその近接写真. 頭骨と脊椎骨の間には原地的産状を示すナミガイが見られる. c. 地中レーダ探査風景.

## 調査地点と調査方法

### 1. 調査地点

調査地点は柏市（旧、沼南町）布瀬で、下総台地が改変され畑地として使用されている。0.9ha程度の平面が露出しており、この畑地面の下、深さ約40～80cmのところでもクジラ骨格およびサメの歯などの共産化石が発掘された（図2）。

台地の標高は約23mで下総台地の地形面区分（杉原，1970）からは下総下位面に相当する。調査地点はこの台地が標高8m付近まで掘り下げられている。したがって畑地面より上位の地層の層相は不明だが、調査地点付近では木下層とその上位に常総層が分布する（岡崎ほか，1993）。

### 2. 調査方法

#### 2.1. 層相

クジラ頭骨産出層の層相観察はトレンチ A～C においておこなった。また同じ台地面の他の露頭調査から木下層と常総層の堆積相解析を行った。

#### 2.2. 微化石分析

微化石分析はクジラ頭骨化石のクリーニング時に得たシルト質細砂を用いた。試料は20gを秤量しビーカーに入れ煮沸した。その後、目開き74 $\mu$ mの篩上で水洗した。篩上の残渣を乾燥し、目開き125 $\mu$ m以上の個体を双眼実体顕微鏡を用いて拾い出した。これを4回洗い合計80gを処理した。

### 2.3. 地中レーダ探査

探査に用いたのは Sensors & Software 社製の PulseEKKO Pro で、周波数250MHzのアンテナを用いた。頭骨の産出地点周辺を8.0m×6.5m、11.0m×2.5mの2区画（Grid 1, Grid 2）で格子状に10cm間隔で280側線の GPR 探査をおこない、3次元探査を試みた。現地で得た2次元の探査データは、それぞれの位置情報を考慮して信号処理ソフト EKKO Project Sliceview VIR1.2（Sensors Scientific Software 社製）により、画像処理と3次元データ統合を行った。電磁波の伝搬速度は湿潤砂として一般的な値である0.07m/nsを仮定した。探査深度は約80cmで分解能は約15cmであった。探査後に探査区画内で掘ったトレンチ A, B をもちいて、反射面の形成要素の確認を行った。

## 結果

### 1. 層相（図3, 図4）

調査地点周辺の露頭の堆積相解析からは次のような堆積相が認められている。最下位は木下層の極細粒～細粒砂からなる生物擾乱の激しい砂層で、この砂層中には黒色火山灰層を挟在する（岡崎・増田，1992）。その上位は漸移して貝化石を多産する斜交層理や平行層理のみられる細粒～中粒砂層がのる。細粒～中粒砂層の上位には浸食面をもって、常総層のトラフ型斜交層理の発達する砂礫層がみられる。さらにその上位は凝灰質粘土層（“常総粘土層”）に漸移し、最上位はロー

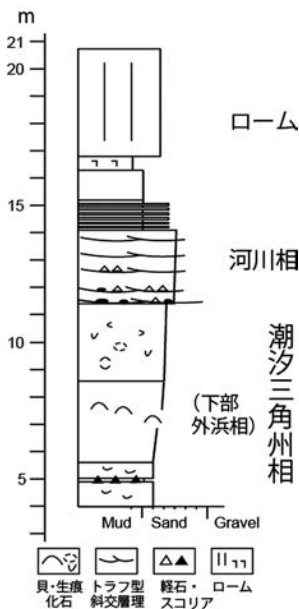


図3. 調査地点周辺の模式柱状図。

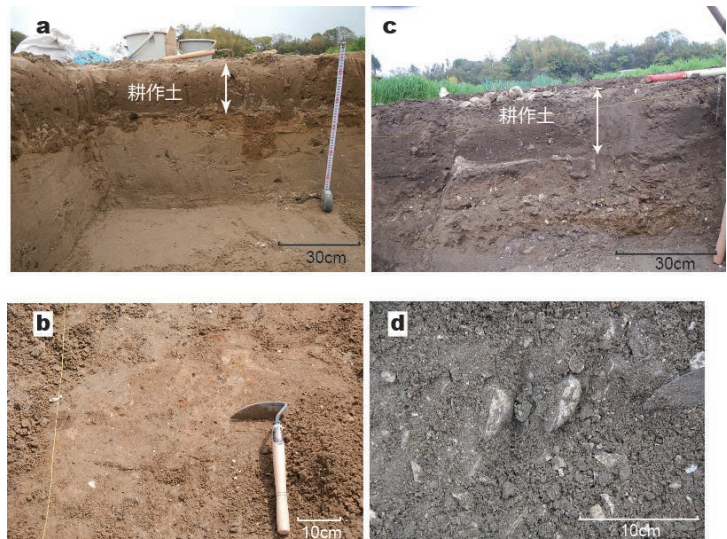


図4.

a. トレンチ B の側面. b. トレンチ B の深度 60cm の平面. c. トレンチ A の側面. d. トレンチ A の深度 60cm の平面. 写真に対応する地中レーダ深度断面は図5を参照。



表1. 貝化石

種名	
アカガイ	<i>Scapharca broughtonii</i> (Schrenck, 1867)
サルボウガイ	<i>Scapharca subcrenata</i> (Lischke, 1869)
ハイガイ	<i>Tegillarca granosa</i> (Linnaeus, 1758)
ミタマキガイ	<i>Glycymeris imperialis</i> Kuroda, 1934
タマキガイ	<i>Glycymeris vestita</i> (Dunker, 1877)
イタヤガイ	<i>Pecten albicans</i> (Schröter, 1802)
ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i> Philippi, 1849
マガキ	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)
ツキガイモドキ	<i>Lucinoma annulatum</i> (Reeve, 1850)
ホクロガイ	<i>Oxyperas bernardi</i> (Pilsbry, 1904)
アリソガイ	<i>Coelomactra antiquata</i> (Spengler, 1802)
シオガマガイ	<i>Cycladicama cumingii</i> (Hanley, 1844)
マンゲツシオガマ	<i>Cycladicama lunaris</i> (Yokoyama, 1927)
フミガイ	<i>Megacardita ferruginosa</i> (Adams & Reeve, 1850)
ブラウンスイシカゲガイ	<i>Clinocardium (Fuscocardium) braunsi</i> (Tokunaga, 1906)
バカガイ	<i>Mactra chinensis</i> Philippi, 1846
チヨノハナガイ	<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams & Reeve, 1850)
オオトリガイ	<i>Lutraria maxima</i> Jonas, 1844
ミルクイ	<i>Tresus keenae</i> (Kuroda & Habe, 1952)
サギガイ	<i>Macoma sector</i> Oyama, 1950
サクラガイ	<i>Nitidotellina hokkaidoensis</i> (Habe, 1961)
モモノハナガイ	<i>Moerella jedoensis</i> (Lischke, 1872)
キスタアゲマキ	<i>Solecurtus divaricatus</i> (Lischke, 1869)
マテガイ	<i>Solen strictus</i> Gould, 1861
ハナガイ	<i>Placamen tiara</i> (Dillwyn, 1817)
ビノスガイ	<i>Mercenaria stimpsoni</i> (Gould, 1861)
カガミガイ	<i>Phacosoma japonicum</i> (Reeve, 1850)
ウラカガミ	<i>Dosinella angulosa</i> (Philippi, 1847)
アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve, 1850)
マツヤマワスレ	<i>Callista chinensis</i> (Holten, 1803)
ワスレガイ	<i>Cyclosunetta menstrualis</i> (Menke, 1843)
ウチムラサキ	<i>Saxidomus purpurata</i> (Sowerby, 1852)
ナミガイ	<i>Panopea japonica</i> A. Adams, 1850
コシタカエビス	<i>Calliostoma consors</i> (Lischke, 1872)
キサゴ	<i>Umbonium costatum</i> (Kiener, 1839)
ダンベイキサゴ	<i>Umbonium giganteum</i> (Lesson, 1831)
ツメタガイ	<i>Glossaulax didyma</i> (Röding, 1798)
ヤツシロガイ	<i>Tonna luteostoma</i> (Küster, 1857)
アカニシ	<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)
トウイト	<i>Siphonalia fusoides</i> (Reeve, 1846)
テングニシ	<i>Hemifusus tuba</i> (Gmelin, 1781)
バイ	<i>Babylonia japonica</i> (Reeve, 1842)
ナガニシ	<i>Fusinus perplexus</i> (A. Adams, 1864)
コロモガイ	<i>Cancellaria spengleriana</i> Deshayes, 1830
マメウラシマ	<i>Ringicula doliaris</i> (Gould, 1860)
ヤカドツノガイ	<i>Dentalium octangulatum</i> Donovan, 1804

ム層となる。これらはそれぞれ木下層の潮汐三角州相、常総層の河川相およびローム層である。

調査地点では木下層の上部から上が欠如している。また、黒色火山灰層は認められなかった。

トレンチの地表面から深さ20cmまでは耕作土である。それ以下は次のとおりである。トレンチ A は主にバカガイ (*Mactra chinensis*)、マテガイ (*Solen strictus*) などの貝化石を含む粗粒～中粒砂からなる。トレンチ B、C は細粒砂で生物擾乱が激しく、まれにハンモック状斜交層理や薄い泥層の挟みが見られ、*Rosselia* isp. などの生痕化石が認められる。なお、調査地点から産出した貝化石は、二枚貝類33種、巻貝類12種、掘足類1種を確認した。産出した化石群集は、二枚貝類ではバカガイ、チヨノハナガイ (*Raetellops pulchellus*)、マテガイなどを主体とし、巻貝類ではツメタガイ (*Glossaulax didyma*)、アカニシ (*Rapana venosa*)、バイ (*Babylonia japonica*) などが主体であった (表1)。これらの種に代表されるように、貝化石群集は内湾泥底に生息する種から構成されていた。

## 2. 微化石 (表2)

**2.1. 介形虫**：介形虫化石は、26属46種、計295個体が同定できた。試料1gあたりの個体数は、約4個であった。最も多く産出したのは *Pontocythere japonica* (11%)、*Pontocythere subjaponica* (11%) の2種で、次いで、*Pontocythere miurensis* (8%)、*Hanaiborchella triangularis* (5%) であった。

**2.2. 有孔虫**：底生有孔虫化石は、27属44種、計874個体が同定できた。試料1gあたりの個体数は、約11個であった。最も多く産出したのは *Pseudononion japonicum* (18%) で、次いで、*Cibicides lobatulus* (13%)、*Rosalina australis* (12%)、*Elphidium kusiense* (12%)、*Ammonia beccarii* forma 1 (11%) であった。

浮遊性有孔虫化石は産出個体数が少なかったが、5属10種、計50個体が同定できた。最も多く産出したのは *Globorotalia inflata* (20%) であった。有孔虫化石全体に占める浮遊性有孔虫の割合は5.4%であった。

これ以外にも少数の放射虫化石やコケムシ化石が産出した。

## 3. 地中レーダ (図5)

現地での探査データの合成から得られた3次元地中レーダの探査結果は、図5のように各深度で切り取った断面により示す。Grid 1では深度断面図の左端に強い反射がみられる。これは地表から深度45cmまでは確実に、最大65cmまで続く。一方、図の右上や中央部には、地表から耕作土の厚さに相当する深度20cmより深いところで散在的に塊状の強い反射がでてくる。これは深度80cmでほとんど見られなくなる。

表2. 微化石群集

介形虫	種名	個数(個)	%
	<i>Aurila corniculata</i> Okubo	13	4.4
	<i>Aurila cymba</i> (Brady)	2	0.7
	<i>Aurila kiritsubo</i> Yajima	3	1.0
	<i>Aurila</i> sp.	3	1.0
	<i>Bicornucythere bisanensis</i> s.l. (Okubo)	11	3.7
	<i>Callistocythere subjaponica</i> Hanai	2	0.7
	<i>Callistocythere reticulata</i> Hanai	2	0.7
	<i>Callistocythere rugosa</i> Hanai	1	0.3
	<i>Cletocythereis rastromarginata</i> (Brady)	1	0.3
	<i>Coquimba poga</i> Hu	1	0.3
	<i>Coquimba ishizakii</i> Yajima	2	0.7
	<i>Cythere nishimpponica</i> Okubo	1	0.3
	<i>Cythere</i> sp.	2	0.7
	<i>Cytheromorpha acupunctata</i> (Brady)	3	1.0
	<i>Eucythere yugao</i> Yajima	1	0.3
	<i>Hanaiborchella triangularis</i> (Hanai)	16	5.4
	<i>Hemicytherura cuneata</i> Hanai	9	3.1
	<i>Hemicytherura huangi</i> Kaseda and Ikeya	1	0.3
	<i>Hemicytherura kajiyamai</i> Hanai	2	0.7
	<i>Ishizakiella miurensis</i> (Hanai)	1	0.3
	<i>Loxococoncha epeterseni</i> Ishizaki	3	1.0
	<i>Loxococoncha hanachirusato</i> Yajima	2	0.7
	<i>Loxococoncha kattoi</i> Ishizaki	1	0.3
	<i>Loxococoncha optima</i> Ishizaki	1	0.3
	<i>Loxococoncha uranouchiensis</i> Ishizaki	3	1.0
	<i>Loxococoncha viva</i> Ishizaki	4	1.4
	<i>Munseyella oborozukiyo</i> Yajima	1	0.3
	<i>Moosella tomokoae</i> (Ishizaki)	2	0.7
	<i>Neocythereideis punctata</i> Ikeya and Hanai	3	1.0
	<i>Paracytheridea bosoensis</i> Yajima	13	4.4
	<i>Pistocythereis bradyformis</i> (Ishizaki)	1	0.3
	<i>Pontocythere japonica</i> (Hanai)	32	10.8
	<i>Pontocythere kashiwarensis</i> (Hanai)	11	3.7
	<i>Pontocythere miurensis</i> (Hanai)	23	7.8
	<i>Pontocythere subjaponica</i> (Hanai)	31	10.5
	<i>Pseudoaurila japonica</i> (Ishizaki)	2	0.7
	<i>Robustaurila ishizakii</i> (Okubo)	5	1.7
	<i>Schizocythere kishinouyei</i> (Kajiyama)	1	0.3
	<i>Semicytherura ensuensis</i> Ikeya and Hanai	4	1.4
	<i>Semicytherura</i> sp.	1	0.3
	<i>Sinoleberis tosaensis</i> (Ishizaki)	1	0.3
	<i>Spinileberis quadriculeata</i> (Brady)	6	2.0
	<i>Trachyleberis nitsumai</i> Ishizaki	2	0.7
	<i>Trachyleberis scabrocuneata</i> (Brady)	13	4.4
	<i>Trachyleberis tosaensis</i> (Ishizaki)	1	0.3
	<i>Xestoleberis hanaii</i> Ishizaki	5	1.7
	gen. et spp. indet.	46	15.6
合計		295	100.0
試料1g 当たりの介形虫化石の数 (個/g)		3.7	
処理量 (g)		80	

底生有孔虫	種名	個数(個)	%
	<i>Ammonia japonica</i> (Hada)	16	1.8
	<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) forma 1	92	10.5
	<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus) forma 2	5	0.6
	<i>Ammonia</i> sp.	3	0.3
	<i>Amphicoryna</i> sp.	1	0.1
	<i>Anomalina glabrata</i> Cushman	3	0.3
	<i>Bolivinita quadrilatera</i> (Schwager)	2	0.2
	<i>Bolivina</i> sp.	5	0.6
	<i>Buccella frigida</i> (Cushman)	18	2.1
	<i>Cancris auriculus</i> (Fichtel and Moll)	2	0.2
	<i>Chrysalidina dimorpha</i> (Brady)	1	0.1
	<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)	117	13.4
	<i>Cibicides pseudoungerianus</i> (Cushman)	21	2.4
	<i>Cibicides</i> sp.	1	0.1
	<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	29	3.3
	<i>Elphidium clavatum</i> Cushman	7	0.8
	<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	22	2.5
	<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman)	26	3.0
	<i>Elphidium kusiroense</i> Asano	106	12.1
	<i>Elphidium somaense</i> Takayanagi	1	0.1
	<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman	10	1.1
	<i>Elphidium subincertum</i> Asano	1	0.1
	<i>Elphidium</i> sp.	4	0.5
	<i>Dentalina</i> sp.	2	0.2
	<i>Guttulina pacifica</i> (Cushman and Ozawa)	2	0.2
	<i>Globocassidulina</i> sp.	3	0.3
	<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano	22	2.5
	<i>Hyalinea balthica</i> (Schroter)	5	0.6
	<i>Lagena sulcata spicata</i> Cushman and McCulloch	1	0.1
	<i>Lenticulina</i> sp.	1	0.1
	<i>Murrayinella minuta</i> (Takayanagi)	18	2.1
	<i>Neoconorbina stachi</i> (Asano)	1	0.1
	<i>Nomionella stella</i> Cushman and Moyer	2	0.2
	<i>Pararotalia nipponica</i> (Asano)	7	0.8
	<i>Porosorotalia makiyamai</i> (Chiji)	4	0.5
	<i>Pseudononion japonicum</i> Asano	153	17.5
	<i>Pseudononion</i> sp.	1	0.1
	<i>Quinqueloculina</i> sp.	3	0.3
	<i>Reussella aculeata</i> Cushman	1	0.1
	<i>Rosalina australis</i> (Parr)	108	12.4
	<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	2	0.2
	<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Obigny	26	3.0
	<i>Rosalina</i> sp.	1	0.1
	<i>Uvigerina</i> sp.	1	0.1
	gen. et spp. indet.	17	1.9
合計		874	100.0
試料1g 当たりの底生有孔虫化石の数 (個/g)		10.9	

浮遊性有孔虫	種名	個数(個)	%
	<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	7	14.0
	<i>Globigerina</i> cf. <i>foliata</i> Bolli	1	2.0
	<i>Globigerina</i> sp.	10	20.0
	<i>Globigerinella aequilateralis</i> (Brady)	1	2.0
	<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	7	14.0
	<i>Globorotalia inflata</i> d'Orbigny	10	20.0
	<i>Globorotalia</i> sp.	1	2.0
	<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)	3	6.0
	<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg)	5	10.0
	<i>Neogloboquadrina</i> sp.	5	10.0
合計		50	100.0
試料1g 当たりの浮遊性有孔虫化石の数 (個/g)		0.6	

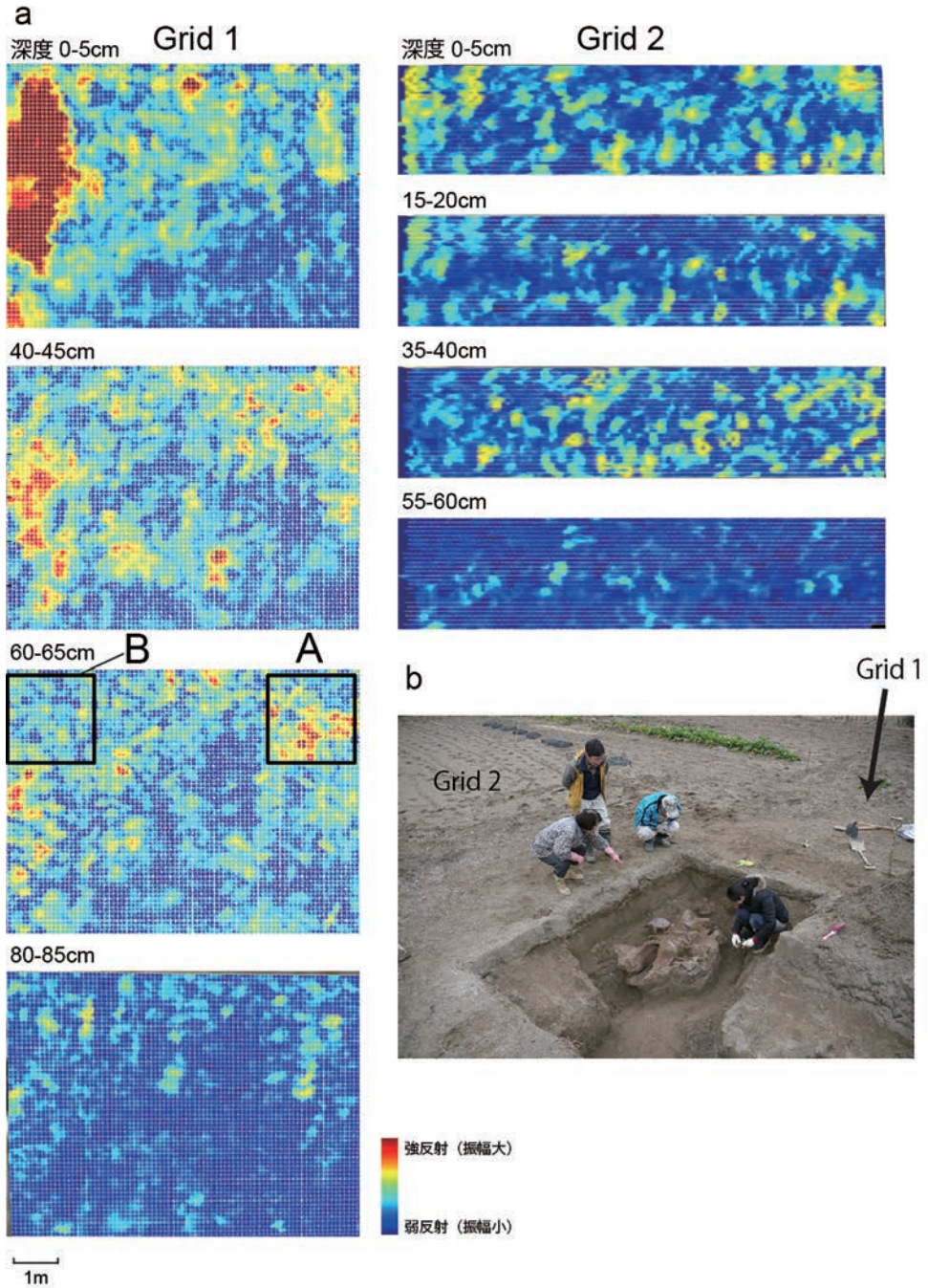


図 5.  
a. Grid 1, Grid 2 の GPR の各側線結果を合成してつくった深度断面. 5cm 毎の結果の抜粋. A, B はトレンチの位置を示す.  
b. クジラ頭骨が掘り出されたトレンチ C と Grid 1 と Grid 2 のおよその位置.



Grid 2では相対的にGrid 1に見られたような強い反射は認められず、地表から深さ60cmまで連続的に並列する線状のやや強い反射がみられる。また、深度60cm以深では強い反射はみられず、一様である。

## 考察

### 1. 堆積相と微化石からの古環境の推定

この地域の木下貝層の堆積相解析から岡崎・増田(1992)および岡崎・黒住(2006)は、MIS 6～5eの海進に伴い、外洋から湾への暖流・寒流の混じる強い潮流の流れ込みが起き、上げ潮潮汐三角州が形成されたことを述べている。トレンチによる3次元断面の層相からは、調査地点の堆積相は生物擾乱が顕著でまれにハンモック状斜交層理がみられる下部外浜相で、潮汐三角州相の下部に相当すると考えられる。また、クジラ骨格化石が散在し、一部に貝化石が密集する粗粒部層がみられることから比較的強い水流の流れ込みがあったことが示唆される。

堆積時の水流の指標となる二枚貝類の殻のうち、クジラ骨格と同層準から最も多産したバカガイは、そのほとんどが離弁で産出した。一方、底質に深く潜行するマテガイなどの種類では、合弁状態の個体が比較的多く観察された。これらの原地的産状を示す化石は、クジラの骨格を包含する地層が堆積した後、海底面より潜行したものと考えられる。特筆すべきは、クジラの頭蓋骨に密接するかのようになり、ナミガイ(*Panopea japonica*)が原地的産状で産出したことである(図2b)。奥谷(2001)によれば、現生種で観察されるナミガイの生息深度は、水深約30m以浅である。このことから、クジラの骨格が強い水流下で堆積した後、ナミガイなどの底生生物が繁殖可能な平穏な堆積環境に変化し、その時点での水深が30m以浅であったことが示唆される。

介形虫化石の中の三種、*Pontocythere subjaponica*、*Hemicytherura cuneata*、*Schizocythere kishinouyei*は、下総層群の介形虫分析結果(Yajima, 1982)のSubtidal sand assemblage(浅海砂底種群)に対応した。また、この介形虫化石群集を現生アナログ法で分析すると、現在の伊勢湾湾口部の水深22.4mの地点と最も類似していた。さらに群集組成から、調査地点は潮通しが良い湾内の浅海環境に、岩礁地や内湾からの介形虫が流れ込む場所であったと考えられる。

底生有孔虫化石は、日本近海の現生底生有孔虫の深度分布(秋元・長谷川, 1989)と比較すると、Inner sublittoral zone(内部浅海、水深50m以浅)に主要種がすべて対応した。また、内湾域における有孔虫の環境指標種群の報告(小杉ほか, 1991)と比較すると、*Cibicides lobatulus*、*Rosalina australis*、*Rosalina vilardeboana*、*Elphidium crispum*などの藻場種群、

*Pseudonion japonicum*、*Buccella frigida*、*Ammonia japonica*などの内湾沖部泥底種群、*Elphidium subarcticum*、*Elphidium advenum*などの内湾広域種群、*Ammonia beccarii* forma 1の内湾奥部種群に対応した。湾中央の群集に藻場や湾奥部の種が流れ込んでいると考えられる。水深は内部浅海帯で、近傍に藻場のある環境が推定される。

浮遊性有孔虫化石は、北極海帯の*Globigerina bulloides*、*Neogloboquadrina pachyderma*、遷移帯の*Globorotalia inflata*、暖流水圏の*Globigerinoides ruber*、*Neogloboquadrina dutertrei*が産出したことから(Be, 1977)、暖流と寒流が混じる環境であったと考えられる。

金子ほか(2011)は本地点より13km東方の印旛沼周辺の木下層(印旛村大竹)の含貝化石砂層から底生有孔虫、浮遊性有孔虫を分析し、類似する環境を復元している。ここでは木下層は粒径や含化石群集から下部層と上部層に分けられている。下部層は上部層より細粒で貝化石を多産する。この下部層はさらに2つに分けられ、下部層下部の群集組成からは近傍に藻場があり、寒流、暖流の双方の影響を受ける内湾の湾口部～湾口部の環境が推定されている。下部層上部では浮遊性比が高く有孔虫数は多くなり、下部よりも外洋水の影響が強くと水温も高い内湾の潮流の速い湾口部を推定している。下部層の上部に黒色火山灰層(層厚10～20cm)が挟在する。本調査地点では大竹と直接対比できる火山灰層は見つけられなかったが、大竹の下部層上部で多産し、湾口に分布する*Poroeponides cribrorrepandus*を含まず、内湾奥部種群の*A. beccarii* forma 1が多い。これは本調査地点が潮流口よりも湾内に位置したことを示唆していると考えられる。

本報告の微化石群集はクジラ頭骨のクリーニング時に採取した頭骨内外に付着した砂から産出したものである。したがって頭骨の埋積場の環境を指示すると同時に埋積途中の流れによる周辺環境のものも含まれる可能性がある。二枚貝、介形虫や底生有孔虫群集組成は、調査地点が潮通しの良い湾内の浅海域(水深30m程度)で、また、その他(岩礁、藻場、内湾奥部)の群集が混じり、クジラ埋積途中の強い流れの存在も示唆している。浮遊性有孔虫の群集組成からは暖流と寒流が混じる環境であったことが考えられる。

これらの結果は、調査地点が内湾の湾内で潮流口からの暖流と寒流が混じる強い潮流の流れ込みを受ける場所であったことを示し、これまでの報告と整合する。

### 2. 地中レーダ探査とトレンチ断面

調査地点の強い反射面の形成には2つの人為的要因が考えられる。Grid 1の強い反射が出ている地点では、探査前までこの場所の上にはトレンチCを掘った際に出た砂が盛りあげられていた。これに探査前日まで

の降雨による雨水がしみ込み、探査時にはこの砂は取り除かれたが、表面はかなり湿った状態であった。水は誘電率が高いので、強い反射を示す。地中レーダの結果から推測すると、この砂は浸透性がよくかなり深いところまでの湿った状態だったと考えられる。また、Grid 2でみえている並列する線状の強い反射面は耕作のためのトラクターによる踏み固めと考えられる。トレンチを掘る際にも地表から深度20cmまでの木下層上面には明瞭にトラクターの跡が残っていた。レーダで見られるやや強い反射の間隔はおおよそトラクターのローター間隔に該当し、線状に締まった砂層が相対的に強い反射を起こしたと考えられる。

上記で述べた人為的な反射面を除くと、Grid 1の深さ30cm以深の断面では塊状にやや強い反射が散在する。また、それは図の右上にやや集中するようにも見える。そこでGrid 1でやや強い反射面のみられる場所（A トレンチ）と、比較的弱い反射面を示す場所（B トレンチ）でその反射面の特性を検討した。

トレンチは2m四方で深度60cmでAとBは同じ方位である。ここでは、明らかに粒度組成の違いと貝化石の含有量および産状が異なっている。トレンチAは粒度が粗く、また、貝化石の含有量が多く産状も密集している。トレンチAの深度60cm面をみると硬質で殻の大きいアカニシ（殻高約18cm）が含まれたり、バカガイの殻が直立して比較的同じ方位に並列してみられる（図4d）。これらが強い反射を起こしている可能性がある。トレンチBは極細粒から細粒砂からなり、ごく薄い泥層も挟むが生痕化石が多くみられ、貝化石も散在的で殻が溶けたものが多い。深度60cm面をみると生痕化石をつくる泥層や貝殻片が認められるが比較的一様な平面を形成している（図4b）。トレンチよりもより広い範囲で層相を探査した地中レーダの結果は粗粒で貝化石の密集する層相は調査地点では限られた分布を示すことを明らかにしている。

#### まとめ

・堆積相および微化石群集組成は、調査地点が内湾の湾央で潮流口からの暖流と寒流が混じる強い潮流の流れ込みを受ける場所であったことを示す。これらは、これまで報告されている古環境推定と整合的である。

・地中レーダでみると、調査地点ではGrid 1のA トレンチ付近でみられる粗粒で貝化石の密集する層相は限られた分布を示すことがわかる。地中レーダは地下地質の物性を明瞭に示し、化石などの発掘調査には有効であると考えられる。

#### 謝辞

柏市在住の川村清氏・川村シズ氏には畑の調査を快

諾していただいた。底生有孔虫は北里洋東京海洋大学特任教授に、浮遊性有孔虫は野村正弘駿河台大学教授に鑑定をいただいた。筑波大学地球科学系大学院生の安里開士氏、立住祐一氏、平本潤氏、村岡秀樹氏、および千葉県立中央博物館資料整理ボランティアの一藁雅之氏には現地調査でご協力いただいた。図の作成を海野まどか氏にご協力いただいた。

以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- 秋元和實・長谷川四郎. 1989. 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布 - 古水深尺度の確立に向けて -. 地質学論集 32: 229-240.
- 青木直昭・馬場勝良. 1973. 関東平野東部, 下総層群の層序と貝化石群のまとめ. 地質学雑誌 79: 453-464.
- Be, A. W. H. 1977. An Ecological, Zoogeographic and Taxonomic Review of Recent Planktonic Foraminifera. *Oceanic Micropaleontology*, 1: 1-100.
- 古川 桂・千島史彦・阿兄雄之・亀井宏行. 2010. エジプト, アル・ザヤーン神殿の地中レーダ探査. 文化財と探査 11 (2): 49-55.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・三谷 豊. 2011. 千葉県印旛沼周辺に分布する下総層群木下層・上岩橋層の有孔虫化石. *地球科学* 65 (1): 23-27.
- 木村敏之・加藤久佳・石井明夫・伊左治鎮司・高桑祐司・岡崎浩子. 2014. 千葉県の更新統下総層群木下層よりヒゲクジラ類化石の産出. 日本古生物学会第163 回例会講演予稿集: 15.
- 小島伸夫. 1958. 木下地方の地質構造について - 成田層群の研究第1報 -. *地質学雑誌* 64 (751): 165-171.
- 小杉正人・片岡久子・長谷川四郎. 1991. 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用. *化石* 50: 37-55.
- Nagasawa, K. and Y. Mitani. 2004. A humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), from the Pleistocene Kioroshi Formation of Inbamura, Chiba Prefecture, central Japan. *Paleontological Research* 8 (3): 155-165.
- 岡崎浩子・黒住耐二. 2006. 国指定天然記念物「木下貝層」(更新統下総層群木下層)の地質学的意義. 千葉中央博自然誌研究報告(自然) 10 (1): 1-13.
- 岡崎浩子・増田富士雄. 1992. 古東京湾地域の堆積システム. *地質学雑誌* 98: 235-258.
- 岡崎浩子・中里裕臣. 2009. 更新統の浅海堆積システムと堆積シーケンス. 「デジタルブック最新第四紀学」日本第四紀学会編: 1184-1210.
- 岡崎(熊代)浩子・佐藤弘幸・中里裕臣. 1993. 上部更新統下総層群, 木下層と常総層・姉崎層の層序 -



- その1：下総台地地域－．千葉中央博自然誌研究報告（自然）3（1）：19-69.
- Okazaki, H., Y. Kwak and T. Tamura. 2015. Depositional and erosional architectures of gravelly braid bar formed by a flood in the Abe River, central Japan, inferred from a three-dimensional ground-penetrating radar analysis. *Sedimentary Geology* 324: 32-46.
- 奥谷喬司. 2001. 日本近海産貝類図鑑. 1173 pp. 東海大学出版会, 東京.
- 杉原重夫. 1970. 下総台地西部における地形の発達. *地理学評論* 43: 703-718.
- 田村 亨・小玉芳敬・齋藤 有・渡辺和明・山口直文・松本 弾. 2010. 鳥取砂丘の地中レーダ断面. *第四紀研究* 46（6）：357-367.
- Yajima, M. 1982. Late Pleistocene Ostracoda from the Boso Peninsula, Central Japan. In Hanai, T. (eds.), *Studies on Japanese Ostracoda*, Univ. Mus., Univ. Tokyo Bull. 20: 141-227.

**An Excavation Report of a Baleen Whale, from the Pleistocene Kioroshi Formation, Shimosa Group - Sedimentary Facies, Microfossils, Ground Penetrating Radar Analysis**

Hiroko Okazaki<sup>1</sup>, Akio Ishii<sup>1</sup>, Minoru Kaneko<sup>2</sup>, Toru Tamura<sup>3</sup>, Chigaku Club of Gunma Prefectural Ota Girls' High School<sup>2</sup> (Haruhi Imahashi, Mai Harashima, Yuka Satou, Karen Inokuchi, Arisa Matsukura), Hisayoshi Kato<sup>1</sup>, Shinji Isaji<sup>1</sup>, and Gengo Tanaka<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Natural History Museum and Institute, Chiba 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba-shi, Chiba 260-8682, Japan

<sup>2</sup>Gunma Prefectural Ota Girls' High School, 16-7 Hatchiman-cho, Ota-shi, Gunma 373-8511, Japan

<sup>3</sup>Geological Survey of Japan, AIST Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8567, Japan

<sup>4</sup>Kanazawa University, International Backbone Education Center Kakuma-machi, Kanazawa-shi, Ishikawa 920-1192, Japan

<sup>1</sup>E-mail: kohiroko@chiba-muse.or.jp

Fossils of a cranial and vertebrae of baleen whale, in association with a lot of shark teeth were found from Pleistocene Kioroshi Formation, Shimosa Group of Kashiwa-shi, Chiba Prefecture

This report describes a summary of the paleoenvironment of the strata from aspects of sedimentary facies and microfossils. In addition, effectiveness of ground penetrating radar analysis on the occasion of the excavation of such a large fossil was considered.

