

熊本県益城町の津森層から産出した淡水海綿化石

松岡敬二*・益田芳樹**・北林栄一***

Fossil freshwater sponges from the Middle Pleistocene Tsumori Formation in Mashiki-machi, Kumamoto Prefecture, Japan

Keiji Matsuoka*, Yoshiki Masuda** and Eiichi Kitabayashi***

(Abstract)

Fossils of the spongillid sponge, *Eunapius fragilis* and *Ephydatia muelleri* occur in the Middle Pleistocene Tsumori Formation in Mashiki-machi, Kumamoto Prefecture, Kyushu, Japan. This is the 2nd record of fossil *Eunapius fragilis* and *Ephydatia muelleri* from the Pleistocene in Japan. The Tsumori Formation consists of a lacustrine sediment which contains fossils of diatoms, plant fragments, sponges, molluscs, insects, and fish. The fossil sponges occur in the lower part of the Tsumori Formation that is subdivided into the lower and upper parts with lithological characters. The fossils are found on the surface of plant fragments and in massive mudstone. Those occurrences suggest that the sponges were rapidly deposited after death of the sponge. If the habitat preferences of the sponges have not change over time, the fossil sponges from the lower part of the Tsumori Formation is inferred to have been formed shallow lake with waters of high mineral and organic contents.

はじめに

熊本県上益城郡益城町の金山川沿いには、津森層 (Imanishi, 1967) とよばれる更新世の湖成堆積物が分布している。津森層からはこれまでに珪藻 (Hayashi, 1961), 花粉 (岩内・長谷, 1989), 大型植物 (Miki and Kokawa, 1962; Imanishi, 1967; 今西, 1969), 昆虫 (林ほか, 2001) などの化石が報告されている。淡水海綿化石については、林ほか (2001) で産出についてふれられているが、種の同定はされていない。今回、筆者の一人である北林によって津森層から採集された淡水海綿化石は、現在世界に広く分布しているヨワカイメン *Eunapius fragilis* (Leidy, 1851) とミユラーカイメン *Ephydatia muelleri* (Lieberkühn, 1856) に同定

された。この2種の化石は、古琵琶湖層群堅田累層に次いで日本からは2例目の報告となり、タンスイカイメン科の系統や地史的な分布を解明する上で貴重な資料となる。さらに、現生の2種の淡水海綿の生態に基づき、津森層の堆積環境について考察する。

本論文をまとめるにあたり、熊本大学の長谷義隆助教授には調査地域の地質についてご教示いただいた。厚くお礼申し上げます。

地質概略

淡水生の化石を産出する津森層は、熊本県上益城郡益城町金山川沿いの狭い範囲に露出している。津森層は基盤岩である木山変成岩 (坂野, 1963) を不整合に覆い、さらに下陳礫層に不整合に覆われている。本層

* 豊橋市自然史博物館. Toyohashi Museum of Natural History. 1-238 Oana, Oiwa

** 川崎医科大学生物学教室. Department of Biology, Kawasaki Medical School. 57

*** 大分県玖珠町立日出生中学校. Hiju Junior High School. 1926-2 Hiju, Kusu, Oita

原稿受付 2003年12月4日. Manuscript received Dec. 4, 2003.

原稿受理 2003年12月11日. Manuscript accepted Dec.11, 2003.

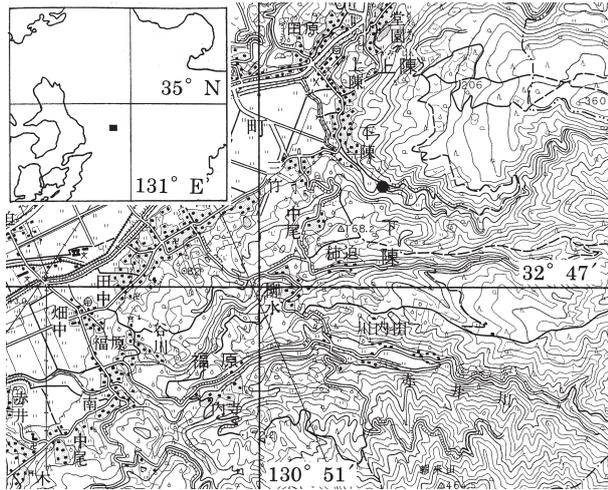
キーワード: 津森層, 熊本県, 中期更新世, ヨワカイメン, ミユラーカイメン.

Key words: Tsumori Formation, Kumamoto Prefecture, Middle Pleistocene, *Eunapius fragilis*, *Ephydatia muelleri*.

-cho, Toyohashi, Aichi 441-3147, Japan.

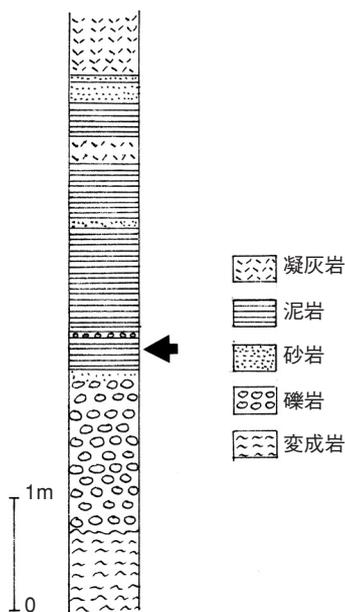
7 Matsushima, Kurashiki, Okayama 701-0192, Japan.

879-4406, Japan.



第1図. 津森層産淡水海綿化石産出地.

Fig. 1. Map showing the local ity of Shimojin, Mashiki-machi, Kumamoto Prefecture, Japan. Using the topographic map "Mifune", scale 1:50,000 by the Geographical Survey Institute.



第2図. 津森層産淡水海綿化石産出地の地質柱状図. 矢印は化石産出層準.

Fig. 2. Geological column of the Tsumori Formation at the fossil locality. Arrow showing the fossil horizon.

は、層厚約30mで、岩相によって上部と下部に区分されている (Imanishi, 1967). 下部層は主として、凝灰質泥岩からなり、上部層は砂岩、凝灰岩からなっている. 津森層の時代については、中期更新世と考えられている (長谷・岩内, 1992, 1993).

産出場所と産出層準

淡水海綿化石は、熊本県上益城郡益城町下陳の金山川河床から産出した (第1図). この場所の津森層は、木山変成岩に属する結晶片岩にアバットしており、基底部には木山変成岩に属する結晶片岩の礫からなる層厚約1.5 mの礫岩層がある (第2図). 礫岩層の上位には砂岩、凝灰岩をはさむ層厚約2.7 mの緑黒色～黒褐色泥岩層があり、大型植物化石が多産する. 淡水海綿化石は、礫層の約20 cm 上位の植物片、ヒシの実化石が多く含まれる層準から、主に材化石や堆積物に直接附着した状態で産出した (第3図). 礫層の上位15 cm間の泥岩には、植物片はほとんど含まれていない. ミュラーカイメンは個体数が多く、大型の塊状の個体も多くみられる. ヨワカイメンは個体数が少なく、細長い形状である. 淡水海綿化石の産出層準は、津森層の下部層にあたる. 共産する化石は、イシガイ科の大型二枚貝 "Anodonta" sp., 昆虫化石、フナ属の一種 *Carrasius* sp., バラタナゴ属の1種 *Rhodeus* sp. である. 泥岩層の上位には層厚約1.7 mの帯赤色細粒凝灰岩層がある.

標本の記載

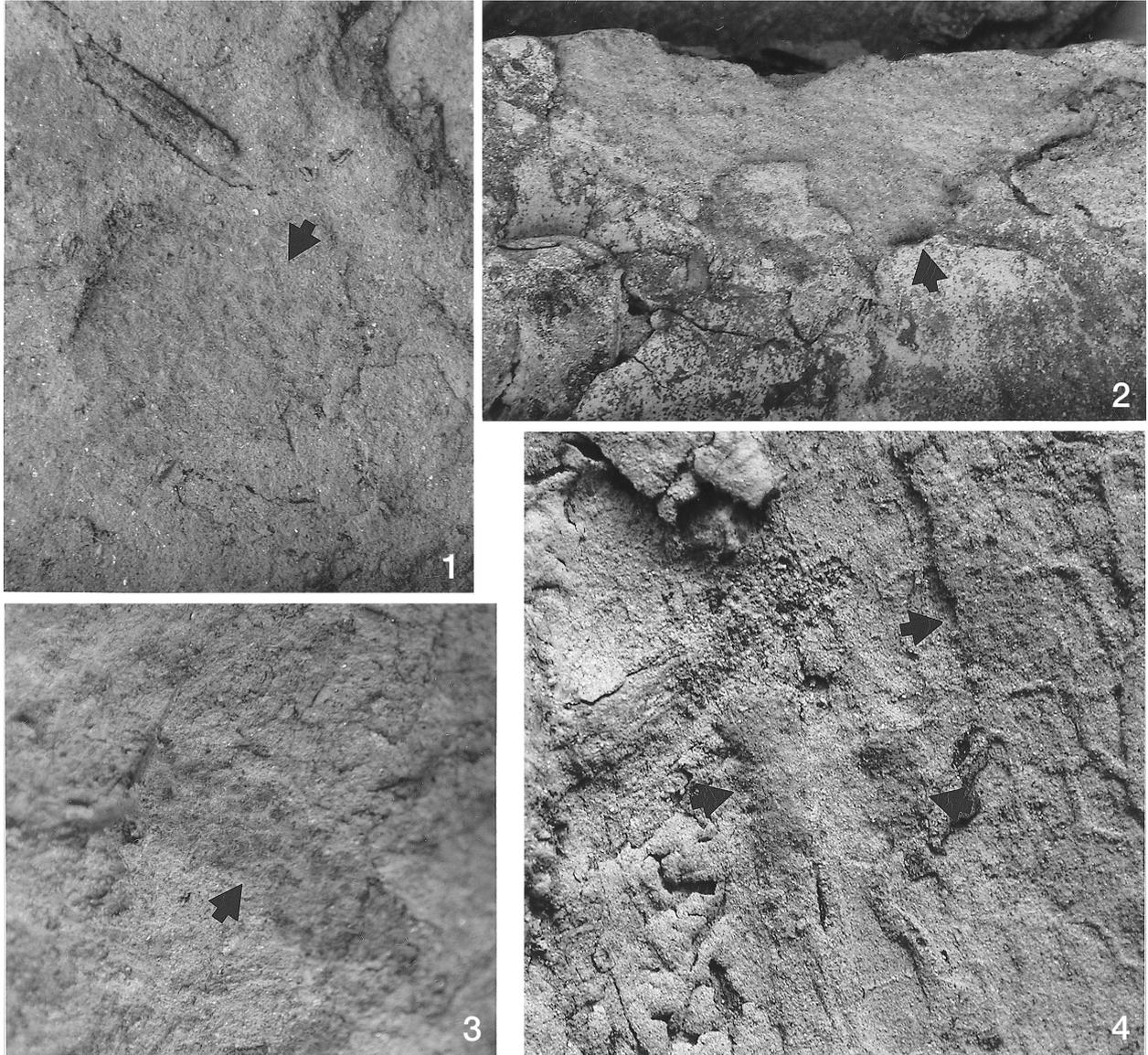
尋常 (普通) 海綿綱 Class Demosponges Sollas, 1875
 タンスイカイメン科 Family Spongillidae Gray, 1867
 ヨワカイメン属 Genus *Eunapius* Gray, 1867
 ヨワカイメン *Eunapius fragilis* (Leidy, 1851)

標本：豊橋市自然史博物館保管 (TMNH06339～06342)

記載：ヨワカイメンの体化石は材化石の表面に薄く附着している (第3図 3,4). 厚さは1 mm以下と薄く、体化石の形は枝状で、附着物の形状にそっている. 大きさは、長辺で20 mm、短辺で5 mmほどである. 色は、茶白色である. 芽球は、円形の印象として周りより暗色にみえ (第3図 3), 附着面側に多く形成されている.

骨片は、骨格骨片と芽球骨片からなり、遊離小骨片はない. 骨格骨片は、やや湾曲し、両錐型 (第4図 2) で両端方向に徐々に細くなっている. 表面は平滑である. 芽球骨片は、棍棒状で、両端が丸まるものやや尖るものがあり、変異に富んでいる (第4図 5,6). 多くのものはゆるく曲がる. 表面には強い棘がまばらにあるが、両端でやや密となる. 長さは70.8～119.3 μm (平均98.9 μm), 幅は5.8～11 μm (平均8.0 μm) である.

備考：Leidy (1851) は、ヨワカイメンをヌマカイメン属 (*Spongilla*) の新種として記載したが、Penney



第3図. 津森層産淡水海綿化石.

1: ミュラーカイメン, TMNH-06342 (× 3.0); 2: ミュラーカイメン, TMNH-06339 (× 7.0); 3: ヨワカイメン, TMNH-06328 (× 2.0); 4: ヨワカイメン, TMNH-06337 (× 5.0).

Fig. 3. Fossil freshwater sponges from the Tsumori Formation.

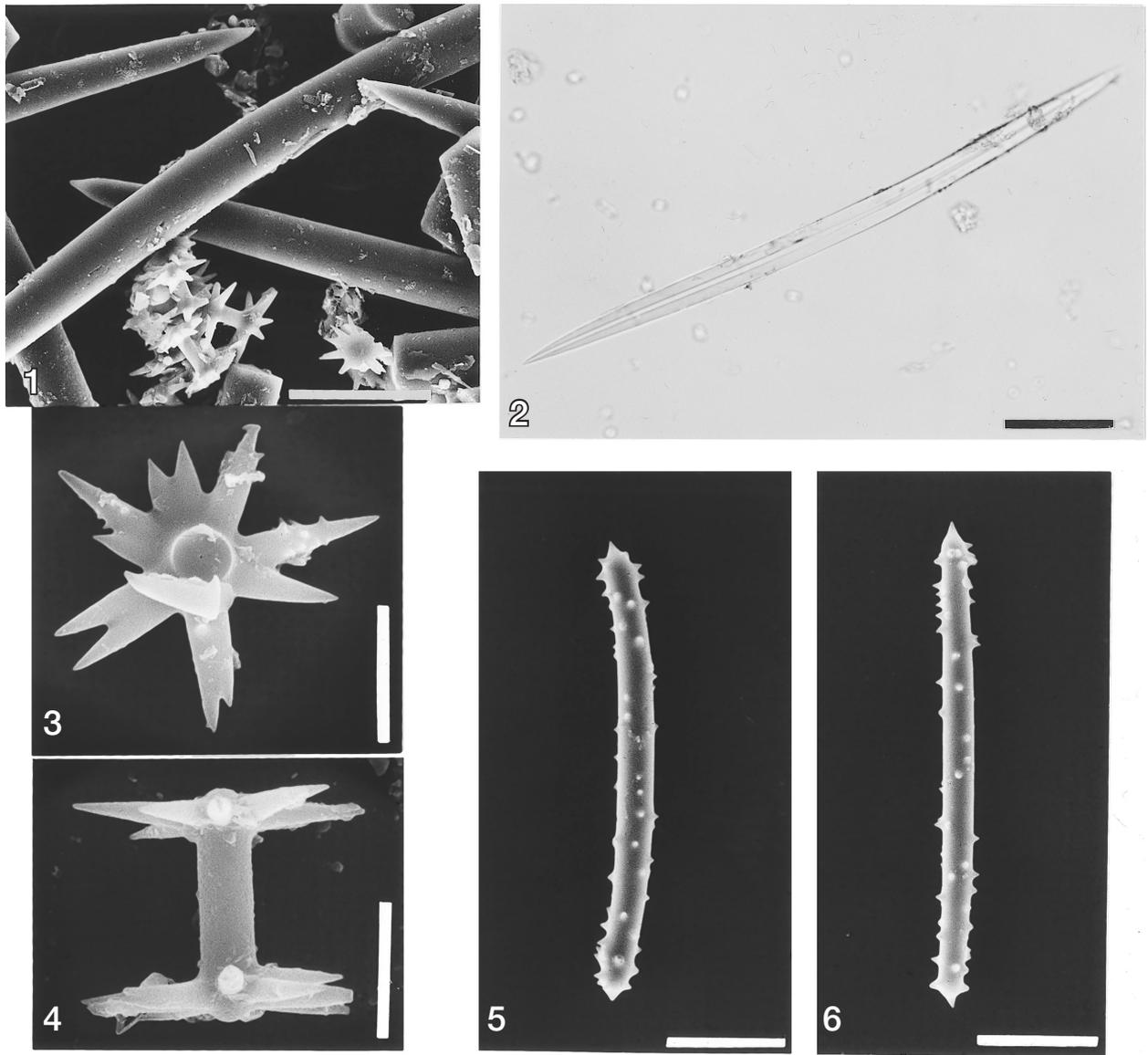
1: *Ephydatia muelleri*, TMNH-06342 (× 3.0); 2: *Ephydatia muelleri*, TMNH-06339 (× 7.0); 3: *Eunapius fragilis*, TMNH-06328 (× 2.0); 4: *Eunapius fragilis*, TMNH-06337 (× 5.0).

第1表. ヨワカイメンの現生と化石の骨片計測.

Table 1. Spicule measurements of the recent and fossil

Eunapius fragilis.

Sasaki (1934)		Penny and Racek (1968)		Matsuoka (1983)		Matsuoka <i>et al.</i> (2004)	
骨格骨片		骨格骨片		骨格骨片		骨格骨片 (in μm)	
長さ(平均)	幅(平均)	長さ	幅	長さ	幅	長さ(平均)	幅(平均)
250-360 (323)	11-15 (13.4)	180-270	5-12	197-269	11-17	—————	
芽球骨片		芽球骨片		芽球骨片		芽球骨片	
長さ(平均)	幅(平均)	長さ	幅	長さ	幅	長さ(平均)	幅(平均)
68-118 (92.1)	6-8 (7)	75-140	2-7	66-114	7-14	70.8-119.3 (98.9)	5.8-11.0 (8.0)



第4図. ミュラーカイメンとヨワカイメン化石の骨格骨片と芽球骨片。

1: ミュラーカイメンの骨格骨片と芽球骨片；2: ヨワカイメンの骨格骨片；3, 4: ミュラーカイメンの芽球骨片；5, 6: ヨワカイメンの芽球骨片。1, 2のスケールは50 μm ，3-6のスケールは25 μm 。

Fig. 4. Spicular components of the fossil *Eunapius fragilis* and *Ephydatia muelleri*.

1: Megascleres and gemmoscleres of *Ephydatia muelleri*; 2: Megasclere of *Eunapius fragilis*; 3, 4: Gemmoscleres of *Ephydatia muelleri*; 5, 6: Gemmoscleres of *Eunapius fragilis*. 1, 2: scale=50 μm , 3-6: scale=25 μm .

and Racek (1968) によりヨワカイメン属 (*Eunapius*) に移された。本種は, Ananndale (1909) により最初に日本から報告され, 佐々木信男の一連の研究により各地に分布していることが明らかにされた (Sasaki, 1934, 1936; 佐々木, 1969, 1973)。

骨片の計測は, 体化石を硝酸処理し, プレパラートを製作し, Zeiss 社製の画像解析装置 (イーバスシステム) を用いた。計測数は 100 本とした。この計測結

果を, Sasaki (1934), Penny and Racek (1968) の現生個体及び Matsuoka (1983) の化石個体の骨格骨片 (長さ と幅, () 内は平均) と芽球骨片 (長さ と幅, () 内は平均) とを第 1 表で比較した (単位は μm)。

津森層からのヨワカイメンは, 骨格骨片の数が少なく, 規定計測数に達しなかった。芽球骨片は, 現生の個体よりやや大きく, 太い。現生種のヨワカイメンは, 水質の物理化学的な特性により外形や骨片に著しい変

第2表. ミュラーカイメンの現生と化石の骨片計測.

Table 2. Spicule measurements of the recent and fossil

Ephydatia muelleri.

Sasaki (1934)	Penny and Racek (1968)	Matsuoka (1983)	Matsuoka <i>et al.</i> (2004)
骨格骨片	骨格骨片	骨格骨片	骨格骨片 (in μm)
長さ(平均) 幅(平均)	長さ 幅	長さ 幅	長さ(平均) 幅(平均)
220-360(283) 10-16(12.9)	220-360 12-16	133-360 7-25	250.2-352.5(302.5) 13.3-20.2(16.2)
芽球骨片	芽球骨片	芽球骨片	芽球骨片
長さ(平均) 径(平均)	長さ 径	長さ 径	長さ(平均) 径(平均)
12-15(14) 16-21(18.4)	12-15 16-22	11-18 15-28	12.0-22.9(16.3) 18.6-37.2(24.7)

異が知られる (Penney and Racek, 1968; 益田・佐藤, 2002). ヨワカイメン属に含まれる種の同定は, 骨片だけでなく, その配列も重要な鍵となる. 化石では骨格の配列が保存されていないため, この芽球骨片の差異のみで, 新種として記載することは難しいため, 本論文では芽球骨片の形態が類似する本種に同定した.

カワカイメン属 Genus *Ephydatia* Lamouroux, 1816
 ミュラーカイメン *Ephydatia muelleri* (Lieberkühn, 1856)

標本: 豊橋市自然史博物館保管(TMNH06310~06338)

記載: ミュラーカイメンの体化石は, 堆積物表面や植物化石の表面に広く附着している (第3図 1, 2). 体化石の大きさは, 長辺で 100 mm, 短辺で 50 mm までで, 厚さは 3 mm 以上あるものもあり, その形は様々である. 色は, 茶白色から乳白色である. 芽球は, 体化石のなかに周りよりやや暗色の点に見える (第3図 1).

骨片は, 骨格骨片と芽球骨片からなり, 遊離小骨片はない. 骨格骨片は, やや湾曲し, 両錐型(第4図 1)で, 両端方向に徐々に細くなっている. 表面は平滑であるか, わずかに小棘が見られる. 長さは 20 2 ~ 32 5 μm (平均 302.5 μm), 幅が 13.3 ~ 20.2 μm (平均 16.2 μm) である. 芽球骨片は, 両盤体で, 両盤は深く刻まれている (第4図 3, 4). 刻みの数は 5 から 10 のものが多い. 表面は平滑ないしわずかに小棘が見られる. 大きさは, 長さが 12.0 ~ 22.9 μm (平均 16.3 μm), 両盤の径 18.6 ~ 37.2 μm (平均 24.7 μm) である. 軸は平滑であるが, 大きな少数の棘を備えるものもある. 軸の長さは, 3.3 ~ 5.9 μm (平均 4.4 μm) である.

備考: 本種は, Lieberkühn(1856)によりヌマカイメン属 (*Spongilla*) の新種としてドイツ (東ドイツ) からの標本に基づき記載された. 日本からは, Weltner (1895) により報告され, その後日本列島においても各地から報告されている (Sasaki, 1934, 1936; 佐々木, 1969, 1973; 益田・佐藤, 1993). 骨格骨片と芽

球骨片は, 骨片表面に小棘があるものからないものまでみられる. そのため, 小棘が発達するのはミュラーカイメン, ないものはミュラーカイメンモドキ (*Ephydatia japonica* (Hilgendorf, 1882)) に分類されてきた (Penny and Racek, 1968). しかし, 2種の芽球から発生した個体がともに同じ小棘の変異を示すことが実験で確認され, ミュラーカイメンモドキはミュラーカイメンと同種であることが明らかにされた (Masuda, 1998).

骨片の計測は, ヨワカイメンと同様な方法で行った. この計測結果を, Sasaki (1934), Penny and Racek (1968) の現生個体及び, Matsuoka (1983) の化石個体の骨格骨片 (長さ と 幅, () 内は平均) と芽球骨片 (長さ と 両盤の径, () 内は平均) とを第2表で比較した (単位は μm). ただし, Sasaki (1934), Penny and Racek (1968) は, *Ephydatia japonica* と同定された個体の計測値を使用した. 津森層からのミュラーカイメンは, 骨格骨片と芽球骨片とも現生の個体より大きく, 太い. これは, 古琵琶湖層群堅田累層からの化石と同じ傾向を示している.

考 察

ヨワカイメンとミュラーカイメンの最も古い化石は, バイカル湖南部のツンカ盆地の中新統から報告されている (Martinson, 1948). これらは, 骨片のみに基づくもので, 論文のスケッチを見る限りでは上述の2種であるかどうかは判断できない. 日本からは, 古琵琶湖層群堅田累層から上記2種が報告されている (Matsuoka, 1983; 松岡, 1986). ヨワカイメンは堅田累層喜撰粘土層から, ミュラーカイメンは栗原互層から産出しており, とともに中期更新世 (70 万年から 50 万年前) には日本に分布していたことになる. 津森層の年代は中期更新世 (40 万年前) であり (長谷・岩内, 1992), 堅田累層の淡水海綿化石の産出年代よりやや新しい. 現生のヨワカイメンは, ヨーロッパ, 北ア

リカ, オーストラリア, アジア, アフリカなど全大陸に分布し, ミュラーカイメンは, ヨーロッパ, 北アメリカ, アジアの寒帯から暖温帯にかけて分布している (Penny and Racek, 1968). 両種とも, 中期更新世には, すでに広域に分布していた可能性が高い.

津森層を堆積した湖盆 (古津森湖) は, 種々の水生植物が繁茂し, その周辺に広がる湿地にはイネ科の植物やハンノキ属の林があったことが復元されている (岩内・長谷, 1989). 古津森湖に生息していた動物には, 化石の証拠から海綿, 貝類, 水生昆虫, 魚類がいたことは確かである. 淡水海綿化石は, ヨワカイメンとミュラーカイメンの2種からなり, 後者が優占する群集である. 化石の産状は, 葉, 小枝, 材化石に付着した状態で産出し, 2種の現生個体でも同様な付着状況が観察されている. ミュラーカイメン化石は堆積物に直接付着した産状を示すものがあるが, 現生でも同様な生態が報告されている (Sasaki, 1934). また, 光のとどく数センチの水深に多く, 透明度が高い場合は1~1.5 m水深までみられる (Jewell, 1935; Harrison, 1974). 津森層を堆積した古津森湖底には, 流入した材, 葉や材が大量に沈んでいたことを示す材化石等の密集層があり, 浅い沿岸域には海綿の生息に適した付着対象物は豊富であったことが推定できる.

次に古津森湖の水質についてみてみる. ミュラーカイメンとヨワカイメンは, 現在同じ水域内に生息していることが報告されている (Jewell, 1935; Pennak, 1953). これまで報告された淡水海綿の生息場所の水質について調査され, 種ごとにまとめられている (Harrison, 1974, 1988). それによると, ミュラーカイメンとヨワカイメンの2種は, カルシウムとシリカが分布の制限要因となっており, 有機物やミネラルは比較的多い水質を好む傾向がある. そして, 2種が生息している水質値の共通領域をみてみると, pHは6.1~8.5, 水温16~24°C, 二酸化ケイ素0.7~11.6mg/l, 硬度0~160となり, ミュラーカイメンの値と等しくなる. 津森層からのヨワカイメンの個体は, ミュラーカイメンよりも少ない. その理由として, ヨワカイメンは二酸化ケイ素分が少ないことが繁殖の制限要因となっていることから (Jewell, 1935), 古津森湖の二酸化ケイ素の量は, 0.7mg/lに近かったものと推定できる.

津森層の泥岩が堆積を始めて早いうちに淡水海綿の2種が生息し始めた事は, 両者ともに環境に対して寛容度が高いことと一致している. 新しく形成された水域に侵入しやすい生態的な特徴をもつミュラーカイ

メンとヨワカイメンは, 古津森湖への初期の侵入者であったと考えることができる.

引用文献

- Annandale, N., 1909. Report on a collection of freshwater sponges from Japan. *Annot. Zool. Jap.*, **7**(2): 105-112.
- Harrison, F. W., 1974. Pollution ecology of freshwater invertebrates. Sponges (Porifera: Spongillidae). In: Hart, C. W., Jr. and Fuller, J. L. H. (eds.), Academic Press, New York and London.
- Harrison, F. W., 1988. Utilization of freshwater sponges in paleolimnological studies. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **62**: 387-397.
- 長谷義隆・岩内明子, 1992. 中部九州の湖成層を含む上部新生界の対比 —熊本・大分地域—. 熊本大学教養部紀要, 自然科学編, (27): 69-95.
- 長谷義隆・岩内明子, 1988. 内陸堆積層の分布高度から求めた中部九州地溝内沈降域の変位. 地質学論集, (41): 53-72.
- Hayashi, Y., 1961. The Fossil Diatom Floras in Central Kyushu, Japan. 5. Kumamoto City and its Neighbourhoods. *Jour. Soc. Earth Scientists and Amateurs, Japan.*, **12**(6): 217-221.
- 林 成多・八尋克郎・北林栄一, 2001. 熊本県益城町の津森層から産出した昆虫化石. 瑞浪市化石博研報, (28): 239-243.
- Imanishi, S., 1967. Trapa remains from the Tsumori Formation, Kumamoto Prefecture, Central Kyushu. *Kumamoto Jour. Sci., Ser. B, Sec. 1*, **7**(1): 1-8.
- 今西 茂, 1969. 熊本県古期洪積層産“ひし”の実化石とその地質学的意義. 熊本大学教養部紀要, 自然科学編, (4): 25-34.
- 岩内明子・長谷義隆, 1989. 熊本県上益城郡益城町津森層の花粉分析. 熊本大学教養部紀要, 自然科学編, (24): 108-110.
- Jewell, M. E., 1935. An ecological study of the freshwater sponges of Northeastern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **5**(4): 436-504.
- Leidy, J., 1851. *Spongillafragilis*. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, **5**: 278.
- Liebkühn, N., 1856. Zuzätze zur Entwicklungsgeschichte der Spongillen. *Müller Archiv.*, 1856: 496-514.
- Martinson, G. G., 1948. Fossil sponges from Tunka depression in the Baikal area. *Doklady Acad. Sci. USSR*, **61**: 897-900. (in Russian.)
- Masuda, Y., 1998. A scanning electron microscopy study on spicules, gemmule coats, and micropyles of Japanese freshwater sponges. In: "Sponge Sciences-Multidisciplinary Perspectives". Watanabe, Y., Fuse tani, N., eds., Tokyo.

Springer-Verlag, 295-310.

益田芳樹・佐藤國康, 1993. 淡水海綿の話—その4—. 兵庫陸水生物, **43**: 45-51.

益田芳樹・佐藤國康, 2002. 岡山県の淡水海綿について (その1). 川崎医学会誌一般教, (28): 7-20.

Matsuoka, K., 1983. Pleistocene freshwater sponges (Porifera: Spongillidae) from the Katata Formation of the Kobiwako Group, Shiga Prefecture, central Japan. *Earth Sciences*, **31**: 1-16.

松岡敬二, 1986. 海綿化石. 琵琶湖自然史研究会, 琵琶湖南西岸の古琵琶湖層群の淡水生化石群集. 瑞浪市化石博研報, (13): 81-82.

Miki, S. and Kokawa, S., 1982. Late Cenozoic Floras of Kyushu, Japan. *Jour. Bio. Osaka City Univ.*, (13): 65-85.

Pennak, R.W., 1953. Chapter 3, Porifera (Sponges). *Fresh-water invertebrates of the United States*. N.Y., Ronald Press, 77-97.

Penny, J. T., and Racek, A. A., 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera-Spongillidae). *U.S. Nat. Mus. Bull.*, **272**: 1-184.

坂野昇平, 1963. 熊本県木山東方の変成岩. 地質雑, **69**(817): 476-477.

Sasaki, N., 1984. Report on the Fresh-water sponges obtained from Hokkaido. *Sci. Rep., Tohoku Imp. Univ., Ser. 4*, **9**: 219-247.

Sasaki, N., 1936. The Fresh-water sponges obtained in Northeast Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Museum Research. Bull.*, **9**: 1-30.

佐々木信男, 1969. 四国・九州産の淡水海綿について. 水産大学校研究業績, **17**(3):161-178.

佐々木信男, 1973. 本州中部(関東, 中部, 近畿各地方)産の淡水海綿について. 水産大学校研究業績, **21**(3):31-47.

Weltner, W., 1895. Spongillidenstudien III. Katalog und Verbreitung der bekannten Süßwasserschwämme. *Arch. f. Naturg.*, 61: 114-144.

(要旨)

松岡敬二・益田芳樹・北林栄一：熊本県益城町の津森層から産出した淡水海綿化石.

タンスイカイメン科のミユラーカイメンとヨワカイメンの化石は, 熊本県上益城郡益城町の中期更新世の津森層下部から産出した. このミユラーカイメンとヨワカイメンの化石は, 日本の更新世から2例目の報告である. 津森層は, 層厚が約30mの湖成堆積物で, 岩相により下部と上部に区分されている. これまで珪藻, 大型植物, 海綿, 貝類, 昆虫, 魚類の化石が報告されている. 海綿化石は, 材化石などに付着して産出し, 現地性の産状を示している. ミユラーカイメンとヨワカイメンの現生の生息環境から, 津森層の堆積環境は, 鈹物質と有機質に富んだ水深の浅い湖であったことが推定できる.