

令和5年度中学生・高校生の科学・技術研究論文 高等学校 共同研究の部 最優秀賞



上部白亜系双葉層群足沢層に産出する浮遊性有孔虫化石について

福島県立会津学鳳高等学校 SSH 探求部 古生物班

3年 菅家将人 小柳陽太 坂本衣織
志賀海斗 四垂蒼羅 田崎友康

1. はじめに

[1] 双葉層群足沢層について

双葉層群は福島県双葉町大坂からいわき市四倉町玉山にかけてほぼ NNE-SSW に狭長に分布する。層厚は約 300-350m、面積は南北 15 キロメートル、東西 2-3 キロメートルである。分布域の西縁では前期白亜紀の花崗岩類を不整合に覆うが、一部ペルム系高倉山層群を不整合に覆う。東縁は古第三系白水層群に微傾斜不整合に覆われる (図 1)。

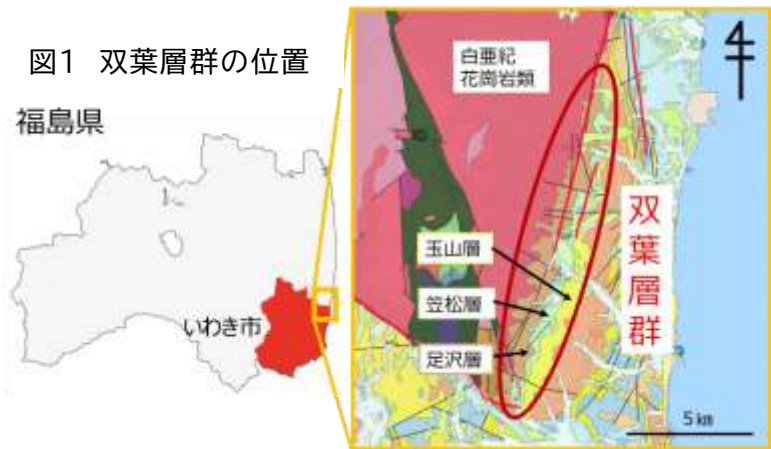


図1 双葉層群の位置

本層群は、下位より足沢層・笠松層・玉山層の3層からなる。足沢層は基底礫岩に始まり、上部は海成の細粒砂岩あるいは砂質泥岩からなる。この中から多くの大型アンモナイト類や底生二枚貝群集を産出することで知られている。

足沢層の岩相は、下部に浅見川部層、上部に大久川部層に区分される。足沢層では産出する軟体動物化石から全体としてコニアシアン（Cenozoan）の堆積物であると推定される。本研究調査地域である大久川部層は海成の細粒砂岩-砂質シルト岩からなり、産出するアンモナイトやイノセラムスより、前期から中期コニアシアン（Cenozoan）の堆積物であると推定される。また、大久川部層の堆積環境については、内陸内棚から外浜までの水深 0~100m 程度の地域のもものと推測されている (図 2)。

紀	期	年代 単位: 100万年	地層名	
後期白亜紀	サントニアン	86.3	双葉層群	玉山層 入間沢部層
				小久川部層
	コニアシアン	89.8	双葉層群	笠松層
				足沢層 大久川部層 浅見川部層
チューロニアン				

図 2 双葉層群の地質年代

[2] 有孔虫について

有孔虫は、原生物とよばれる単細胞生物の一種で、炭酸カルシウム CaCO_3 でできた殻をもつ。そして、陸上から深海まで極域から熱帯域までの幅広い環境に生息し、その環境

に適応する能力が強いため、過去の環境を調べるのに有用であり示相化石に利用される。また進化が早く広範囲に分布し多くの個体数を持ち示準化石としても利用される。有孔虫は海洋表層に広く分布する浮遊性有孔虫と、海底面や堆積物に潜って生活する底生有孔虫の2種類が存在している。

有孔虫は種類によってさまざまな形態を持ち、円盤状、円すい状、星形、球状などがあり、種ごとにキールやリップなどの特徴的な構造がある(図3)。

有孔虫の殻は外部からの様々な刺激をやわらげる役目をするものと考えられている。さらに殻のキールなどの表面彫刻は、浮遊性種では浮力を増したり、底生種では粘着性を高めたりする効果があるなど様々な役割を持つ。

房室とは、殻の部屋のように分かれている構造のことを指す。これは初房(初室)を核とし、成長するに従って外側に室を作り出すことで形成される。房室の表面には、殻には穴(口孔)や細かい多数の穴がある。これが有孔虫という名前の由来になっている。

リップとは、口孔の周りにある唇のような構造で、口孔を限定することによって殻中の細胞質を保護している。

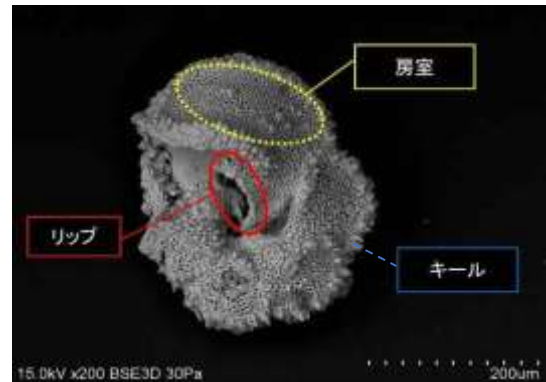


図3 浮遊性有孔虫の形態の名称

2. 動機及び目的

私たちは大昔の土地の環境を今に伝えてくれるという点で化石や地層に興味を持ち、会津地方の微化石について研究しようと福島県立博物館の学芸員にお話を伺ったところ、会津地域の微化石はほとんど研究しつくされていることを知った。しかし、浜通りの双葉層群は大型化石については多く研究されているが微化石による研究があまり進んでいないことを教えていただいた。そこで私たちは双葉層群足沢層大久川部層の微化石、特に浮遊性有孔虫について研究することにした。また大久川部層は、前期から中期コニアシアンまでの地層とされているが、始まりの時期については確定していないことも教えていただいた。

そこで本研究は、示相化石と示準化石の両方の情報を持つ浮遊性有孔虫の化石から、大型化石(アンモナイト)と有孔虫化石の検討することで、足沢層の産出層準における地質年代の裏付けと当時の環境の推定をすることを目的とした。

3. 調査地域とサンプル地点

いわき市アンモナイトセンターを南に300mほど行った、いわき市大久町大久足沢地区大久川の支流にある足沢層の露頭を調査地域とした(図4)。

2021年の6月と2022年10月の2度サンプル採取をおこなった。2021年の採取では、サンプル番号No.1~No.7の合計7つの地点からサンプルを採取した。このうち、サンプル番号No.1~No.3は川底から同地点で採取し、上から採取した順にNo.1、No.2、No.3とした(図5)。

2022年の2回目の採取では、2021年採取地点よりも下位の地層から、サンプル番号

No. 8・No. 9・No. 10・No. 11 の計4つのサンプルを採取した。ただし、No. 8 は足沢層の基底部で基底礫岩を採取したのみである。



図4調査地域とサンプル採取地点



図5 サンプル
No.1~No.3 地点

4. 研究方法

以下の手順で採取したサンプルを処理し、有孔虫化石を拾い出した（図6）。

- ① 採取してきたサンプルを数週間自然乾燥させ後、数 cm 程度の大きさになるまでハンマーで砕く。
- ② 500mL のビーカーに砕いたサンプル 80g を計り取る。
- ③ 硫酸ナトリウム法を用いて岩石サンプルを細かくする。硫酸ナトリウム法とは、岩石中に浸透させた硫酸ナトリウムの結晶化作用によって岩石を物理的に破壊する方法である。
よく乾燥させた試料に飽和させた無水硫酸ナトリウム水溶液を注ぎ、岩石から気泡が出なくなるまで待つ。気泡がでなくなったら、余計な無水硫酸ナトリウムを捨て、室温で1週間ほど放置し、硫酸ナトリウムが結晶化するまで待つ。ある程度結晶化が進んだら、熱湯を注ぎゆっくり攪拌する。
- ④ サンプルを 125 μm と 53 μm のふるいを用い、丁寧に水洗いをする。泥分が除去されたことが確認されるまで水洗いを続ける。それぞれのふるいに残ったサンプルを 90°C の乾燥機に入れ 3~5 日間乾燥させる。

125 μm に残ったサンプルが細分化されるまで③~④の工程を 2~5 回繰り返す。

- ⑤ ナフサ法によって微化石に付着した泥分などを剥離させる。ナフサ法は、有孔虫や貝形虫などの微化石に付着した泥分などをナフサの揮発力によって剥離させる方法である。硫酸ナトリウム法と併用することで、より効率的に微化石の抽出を行うことができる。

ドラフト内で、500mL ビーカーに入ったサンプルが浸る程度ナフサを入れ 30 分程度浸透させる。その後、ビーカーの 8 分目まで熱湯を入れ、アルミホイルで蓋をし、突沸時にサンプルの飛散を防ぐようにアルミホイルに穴をあけ、200°C のホットプレートの上に置き約 1 時間程度煮沸させる。その後水洗いをして、乾燥させることでサンプルの処理は終了である。

- ⑥ 処理をしたサンプルから双眼実体顕微鏡を用いて浮遊性有孔虫の拾い出しを行った。
1つのサンプルから200個程度になるまで拾い出しをおこなった。



5. 結果

第1回目のサンプル採取をおこなったサンプル No. 1～No. 7 では1285個の浮遊性有孔虫を発見することができた(図7)。その中で房室の形態が判別できたのは933個であった。房室の形態が判別できたサンプル933個を房室の数、巻き方向、キールの有無、リップの有無で分類した。ただし、No. 4、5、7のサンプルは個体数が100個以下だったため今回の考察からは除外した。また、房室6の個体が1つあったが表からは除外した(表1)。

状態の良いサンプルを福島県ハイテクプラザの電子顕微鏡をお借りして、福島県立博物館学芸員の相田優さんのご指導の下でSEM画像を撮影した(図8)。そして画像をもとに、種の同定を行った。

形態		サンプル							合計
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	
房室	4	165	155	109	43	5	122	3	602
	5	82	70	80	25	3	66	4	330
巻き方向	右	222	194	148	50	8	155	5	782
	左	26	31	41	18	0	33	2	151
キール	有	17	12	34	11	0	10	0	84
	無	231	213	155	57	8	178	7	849
リップ	有	151	117	142	48	3	93	0	554
	無	97	108	47	20	5	95	7	379
合計		248	225	189	68	8	188	7	933

表1 サンプル No.1～7の個体数及び形態ごとの分類

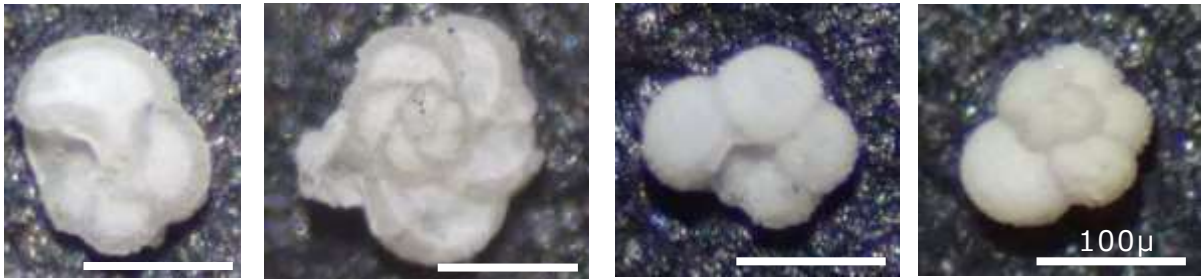


図7 今回拾い出した浮遊性有孔虫の代表的な形態

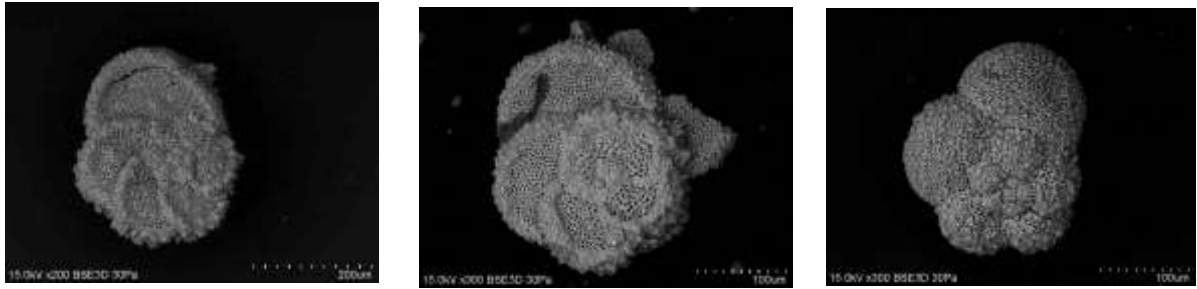


図8 今回拾い出した浮遊性有孔虫の代表的な形態の電子顕微鏡画像

第2回目のサンプル採取をおこなったサンプル No. 8~No. 11 では、サンプル No. 8~10 では浮遊性有孔虫の化石は発見できず、No. 11 のみ 264 個の浮遊性有孔虫化石を発見することができた。この 264 個の化石は只今分類中である。

表 1 から各分類の割合をグラフに表した (図 9)。

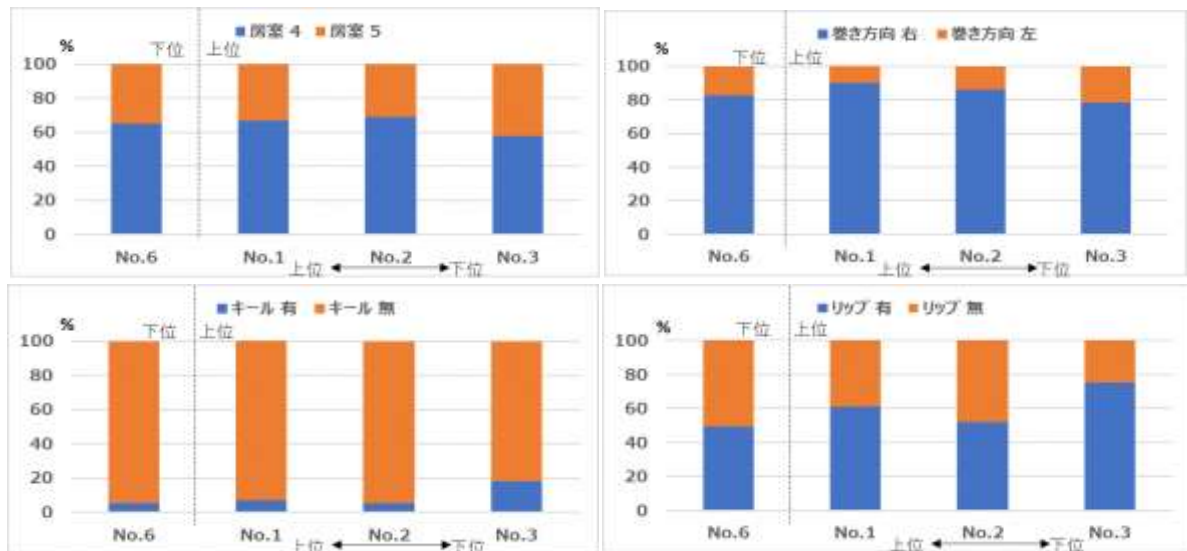


図 9 各分類の割合変化

6. 考察

No. 6 と No. 1 は同じ川底の最上部で水平方向に広がり、地層が東に傾斜しているので No. 1 より No. 6 の方が下位の地層である。また、No. 1~No. 3 は同地点で深さが異なるので鉛直方向に地層が異なり、No. 1 へ向かう方向が地層上位である。図 9 の各種変化割合

が No. 6 と No. 2 地点では値が似ているので同層をみている可能性が高いと考えられる。

房室の数は、水平方向はほとんど変化がなく、鉛直方向は上位に行くにつれ若干房室 4 の個体数が増えていっている。しかし、大きな傾向がここではつかめないので今後他地域と比較しながら検討をおこなっていく。

巻き方向は、鉛直方向は上位に行くにつれ右巻きが多くなってきているが水平方向でも上位に行くにつれ同様のことが見られる。巻き方向は水温の変化によるものだとされているがはっきりとしたことはまだわかっていない。よって巻き方向の傾向については、今後検討をおこなっていききたい。

キールの数は鉛直方向で上位に行くにつれキールがなくなっていることがわかる。キールは、浮力の役割をもっているので海水温に影響しているのではないかと考えることができる。

リップは、No. 3 から No. 2 にかけてリップを持つ個体が減るが、No. 2 から No. 1 にかけてリップを持つ個体が増えている。これは、細胞質の保護とどのようなようになっているのかを今後検討をおこなっていききたい。

今回は、電子顕微鏡による SEM 画像と図 9 のキールの有無についてさらに考察をおこなっていく。

[1] 大久川部層の地質年代について

① 産出した有孔虫のうち、*Marginotruncana sigali* は下部チューロニアンからコニアシアンにかけて、*Archaeoglobigerina cretacea* は上部チューロニアンから下部コニアシアンにかけて産出することが知られている。このことから、大久川部層は、上部チューロニアン～下部コニアシアンに堆積した地層と推測できる（図 10、図 11）。

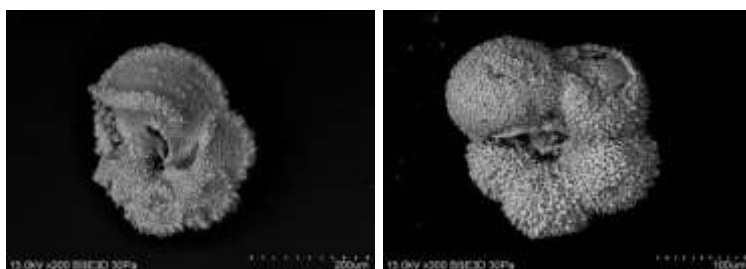


図 10 *M.sigali*(左)と *A.cretacea* (右)

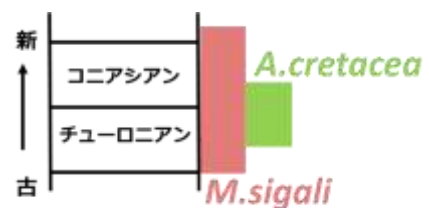


図 11 *M.sigali*と
A.cretacea の産出時代

② *Whitenella archeocretacea*、*Grobotruncana* 属、*Marginotruncana* 属も拾い出した浮遊性有孔虫から確認された。これらは北海道の蝦夷層群鹿島層でも産出している。蝦夷層群鹿島層は北海道夕張市鹿島を模式地とし、岩相は塊状泥岩を主とし、コニアシアンからカンパニアンにかけて堆積した地層であると知られる。このことより、大久川部層は蝦夷層群鹿島層と同時期に堆積した地層と推測できる。

③ *Dicarinellapeimiriva* という種も拾いだし た浮遊性有孔虫から確認された (図 12)。こ の種の初産出層準はコニアシアン基底の有効 な基準面となっているため、大久川部層はコ ニアシアン以降に堆積した地層と推定され る。

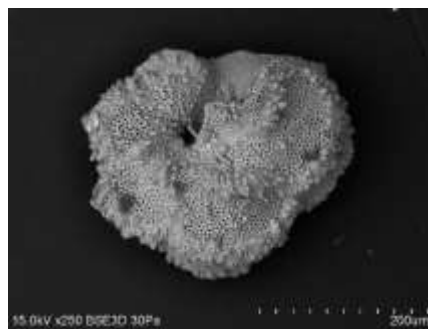


図 12 *Dicarinellapeimiriva*

以上の①②③から、コニアシアンに産出区間を持 つ点で共通していることから、上部白亜系双葉層群 足沢層大久川部層は下部コニアシアンに堆積した地 層と推測される (図 13)。これはアンモナイトによ る先行研究の結果と一致している。

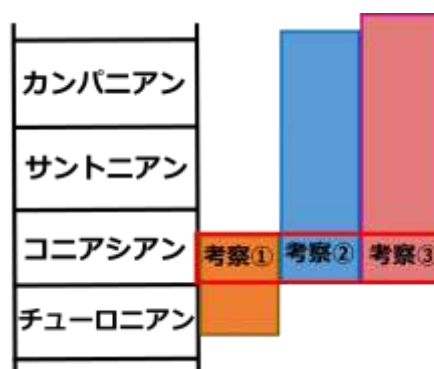


図 13 考察①～③のまとめ

〔2〕大久川部層が形成した当時の環境について

図 9 のキールの有無の傾向から大久川 部層が形成した場所の当時の環境につい て考察した。

浮遊性有孔虫のキールは、有孔虫の浮力 を増す働きがあることが知られている。

この図 14 から、サンプル No. 3 から No. 1 にかけて、すなわち地層の下位から 上位にかけてキールを持つ種の割合が減 少傾向にあることが分かる。これは、有 孔虫が浮力を増す必要性が減退し、この 原因には、海水温の低下が関係していると 考えられる。

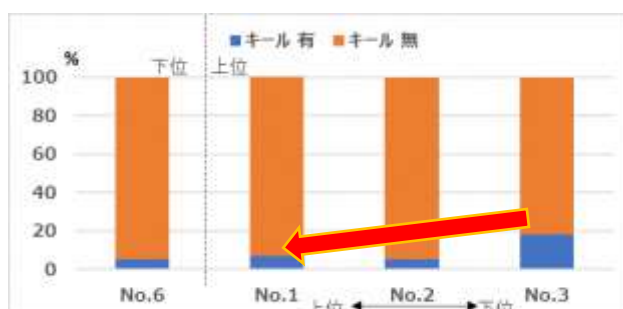


図 14 図 9 に一部加筆した図

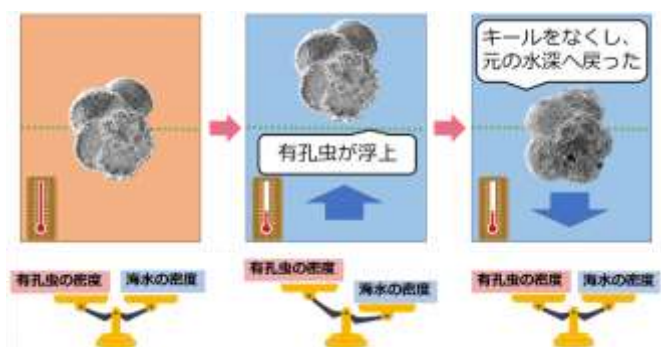


図 15 海水温とキールが失われるイメージ

図 15 は海水の密度と有孔虫の形態変 化について示している。最初は有孔虫の 密度と生息に適した深さの海水の密度が 等しい状態だったが、次第に海水温が低 下し、それに伴い海水の密度が大きくな ったことで、有孔虫の密度は海水の密度と比べ相対的に小さくなり、生息に適さない水深 まで浮上してきた。そこで、有孔虫はキールを外し浮力をなくすことで、元の生息場所の 水深へ戻ったのではないかと考えられる。このことから、大久川部層が堆積した当時の海

水温は徐々に低くなったのではないかと考えられる。

また、サンプル No. 8~No. 10 から浮遊性有孔虫化石が発見できなかった。これは、地層が堆積した当時の場所が浅瀬だったことが考えられる。実際に露頭観察からサンプル No. 8~No. 10 は大久川の基底部、基底礫岩からサンプル No10 まで徐々に粒径が小さくなって砂、泥と変化していったことは確認している。このことから、大久川部層が堆積した場所の水深は徐々に深くなっていたことがわかる。よって、サンプル No. 8~No. 10 の堆積した場所は沿岸部の浅瀬であったことが推測でき、浮遊性有孔虫の生息環境に適していなかったため化石が存在していなかったと考えられる。

以上のことより、大久川部層が堆積した当時は沿岸部の浅瀬で海水温が徐々に低下している環境であったことが推測できる。

7. まとめ

- ① 双葉層群足沢層大久川部層は下部コニアシアンに形成されたと考えられる。
- ② 大久川部層が堆積した環境は、沿岸部の浅瀬で海水温が低下していた時期だと考えられる。

8. 今後の展望

- ・分類中のサンプルを確定させ、今までの浮遊性有孔虫化石と比較をしていく。
- ・調査地域を広げて時代と環境を明らかにしていく。
- ・浮遊性有孔虫だけではなく底生有孔虫にも着目をし、両者の産出する化石の数の関係性の観点からも年代や環境に関する研究を進めていく。

9. 謝辞

本研究において、福島県立博物館学芸員猪瀬弘瑛さん、相田優さんには研究における指導と助言をいただきました。また、福島県ハイテクプラザにおいて電子顕微鏡をお借りして、SEM 画像撮影をおこないました。この場を借りて深く感謝いたします。

10. 参考文献

- ・微化石の科学. H. A. アームストロング; M. D. ブレイジャー. 朝倉書店. 2007
- ・新版微化石研究マニュアル. 尾田太良; 佐藤時幸. 朝倉書店. 2013
- ・安藤寿男・勢司理生・大島光春・松丸哲也, (1995), 上部白亜系双葉層群の河川成～浅海成堆積システムー堆積相と堆積シーケンスー, 地学雑, 104, 284-303.
- ・大森光・安藤寿男・村宮悠介・歌川史哲・隈隆成・吉田栄一, (2023), 双葉層群足沢層 (上部白亜系コニアシアン階下部) 浅海成細粒砂岩の大型アンモナイト密集層と巨大炭酸塩コンクリーション濃集層, 地学雑, 129, 105-124,
- ・福島県立博物館 (2017) 企画展ふくしま 5 億年の自然史

- 地質調査総合センター (2002) 川前及び井出地域の地質
- Keiichi Hayashi et al (2011) Geology and foraminiferal biostratigraphy of Upper Cretaceous sequences in southern central Hokkaido, Japan
- Maria Rose Petrizzo et al. (2017) The Coniacian-Santonian sedimentary record in southern Tanzania (Ruvuma Basin, East Africa); Planktonic foraminiferal evolutionary, geochemical and palaeoceanographic patterns
- Rodolfo Coccioni et al (2016) The *Rotalipora cushmani* extinction at Gubbio (Italy): Planktonic foraminiferal testimonial of the onset of the Caribbean large igneous province emplacement?
- M. Vahidinia et al (2016) Investigation of Main Planktonic Foraminiferal Bio-Events in Surgah Formation at Pol-e-Dokhtar Area, South Western of Iran