

## 始良地域に分布する国分層群の有孔虫化石群集と構造運動

### Neotectonics based on benthic foraminiferal assemblages from the Kokubu Group distributed in Aira area, Kagoshima, Japan

大木公彦<sup>1)</sup>\*・廣瀬亜紀子<sup>2)</sup>・鎌田健司<sup>3)</sup>  
Kimihiko OKI<sup>1)</sup>\*, Akiko HIROSE<sup>2)</sup>, Kenji KAMADA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 鹿児島大学名誉教授 (鹿児島大学総合研究博物館学外協力研究者)

<sup>1)</sup> The Kagoshima University Museum, Korimoto 1-21-30, Kagoshima 890-0065

<sup>2)</sup> 鹿児島大学理学部地学科平成 11 年卒業; 姫路市在住

<sup>2)</sup> Graduate of the Institute of Earth Science, Faculty of Science, Kagoshima University

<sup>3)</sup> 株式会社新日本科学

<sup>3)</sup> Shin Nippon Biomedical Laboratories, LTD, Miyanoura-cho 2438, Kagoshima 891-1394

\* 責任著者 e-mail address: okiki@vel.bbiq.jp

**Abstract:** One hundred species of fossil benthic foraminifera from 5 sediment samples of the lower part of the Kokubu Group distributed in Aira area, are identified. More than 50% of them are living in the recent Kagoshima Bay. The sedimentary environments of the lower part of the Kokubu Group may be quite similar to recent Kagoshima Bay. Wakimoto sampling point is located in the mountain area about 200 meters above sea level. On the other hand, Funatsu and Sumiyoshi sampling points are located in the hill about 45 and 30 meters above sea level. The Shigetomi fault runs at boundary of the both areas along Omoi river. During last about 0.6 Ma., the south side of the fault was elevated about 300 meters in consideration of the paleo-depth of Wakimoto sample, and the north side of the fault was elevated about 200 meters in consideration of the paleo-depth of Funatsu sample.

**Keywords:** neotectonics, benthic foraminifera, Pleistocene, marine fossils, Kokubu Group, Aira City

#### 1. まえがき

鹿児島湾奥部沿岸地域には海成層の国分層群が広く分布する。国分層群の化石は、大塚・西井上(1980)、西井上(1984)が植物化石、ウニ化石、貝化石、魚類化石、昆虫化石、西井上・大塚(1982)が花粉化石、長谷(1988)が植物化石について報告している。しかし、国分層群から産する貝化石のほとんどは殻が溶け去っていることから同定が難しく、各層準の化石による古環境に関する記述が少ない。有孔虫化石に関する報告はなく、始良市で行われた深層ボーリングについて福留ほか(1988)が報告しているのみである。

今回、福留ほか(1988)の深層ボーリング試料2点を含め、有孔虫殻が残っていた始良市の脇元白銀坂、船津春花、住吉の3ヶ所から採取した試料の有孔虫化石群集について調べ、当時の古環境と、これらの層準から推定されるこの地域の構造運動について考察した。

#### 2. 始良地域に分布する国分層群

鹿児島市最北部を含む始良地域の第四系は、大きく3つの時期に分けられる。約250~180万年前の湖成層および火山岩類、約100~40万年前の海成層、火山岩類および火砕流堆積物、約33万年前以降の湖成層、火山岩類および火砕流堆積物の3つである(図1)。これらの第四系については、大木(2010)が詳しく報告しているので、ここでは底生有孔虫化石について調べた約100~40万年前の海成層である国分層群について、その後にはわかったことを含めて概略を述べる。

鹿児島湾奥部沿岸地域には海成層の国分層群が広く分布する。伊田ほか(1950)が国分層群と命名し

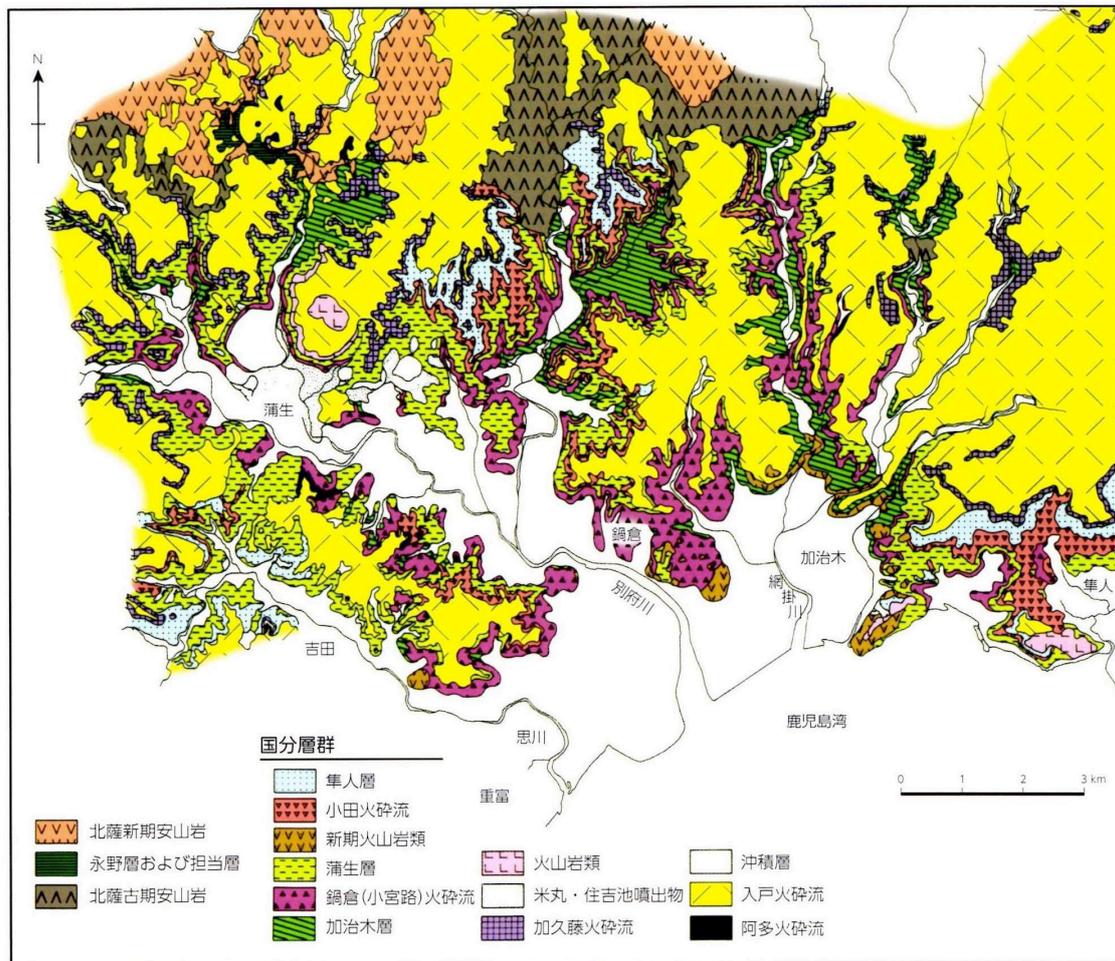


図1 始良地域の地質（大木原図：大塚・西井上, 1980, 佐藤ほか, 2000；中野・大木, 2013；大木研究室に所属した学生の卒論および1970年代に行った大木の調査資料による）

て以来、これまでに多くの研究者によって調査研究が行われてきた。国分層群の基本的な層序は、大塚・西井上（1980）によって報告され、下位より加治木層・鍋倉火砕流・蒲生層・小田火砕流・隼人層に区分された。その後、佐藤ほか（2000）は蒲生層の中部に角閃石で特徴づけられる火砕流堆積物を認め、桑の丸軽石凝灰岩部層（以後、火砕流）と命名した。大木ほか（2000）は、この桑の丸火砕流を鹿児島市の甲突川沿いに分布する下門火砕流（大木・早坂, 1970）に対比できると報告している。この火砕流堆積物は、香川・大塚（2000）によって吉田寺火砕流堆積物の地層名で報告されているが、隼人層に挟在するとしている。最終的に、佐藤（2011）は、小林火砕流に対比される本城火砕流を含め、桑の丸（下門）火砕流と本城（小林）火砕流が蒲生層に挟在し、その上位に小田火砕流が存在すると報告した。この層位関係は、古澤ほか（2018）によって報告された、鹿児島市永田川河口近くで掘削されたボーリングコアの、下位より樋脇（下門）火砕流（＝桑の丸火砕流）、小林火砕流（＝本城火砕流）、下門U火砕流、小田火砕流の層序と矛盾しない。

中野・大木（2013）は、小田火砕流を覆う隼人層の最上部を占める麓凝灰岩部層について詳細に調べ、部層中の白色凝灰岩の最上部に生痕（巣穴）化石が認められ、上位の砂礫層と整合関係にあることを報告した。その後の調査で、この砂礫層はこれまでに不整合関係で累重すると考えられていた吉田貝層最下部の砂礫層であることがわかり、両者は整合関係であることが明らかになった。

以上のことから、国分層群は下位から加治木層・鍋倉火砕流・蒲生層下部・桑の丸（樋脇：下門）火

砕流・蒲生層中部・本城（小林）火砕流・蒲生層上部・小田火砕流・隼人層（麓凝灰岩部層）・吉田貝層が累重していることになる。下部の加治木層、鍋倉火砕流には湯湾岳安山岩が貫入している。周藤ほか（2000a；2000b）は、湯湾岳安山岩から、 $0.87 \pm 0.007$  Ma（片子山）、 $0.67 \pm 0.10$  Ma（城）、 $0.50 \pm 0.06$  Ma（湯湾岳）のK-Ar年代測定値を報告している。

国分層群から、植物化石、花粉化石、貝化石、魚類化石、ウニ化石、昆虫化石などが報告されている。しかし、示相化石である貝化石の殻が、後述の国分層群初期の堆積物を除いて、すべて溶け去っている。この理由として、これらの層には上述のように複数の火砕流堆積物が挟在し、全体的に火山性砕屑物を多く含むことが影響している可能性がある。今後、堆積物の詳細な分析を行う必要がある。殻の溶け去っていない貝化石は、これまでに脇元白銀坂、船津春花、住吉、丸岡の4地点から採取されたが、いずれも国分層群加治木層（脇元は加治木層～蒲生層下部）の層準からである。

### 3. 試料と分析方法

今回、取り扱った試料は次の4地点から得られた（図2）。

地点1）始良市脇元白銀坂、海拔約200 mの旧街道（薩摩藩主要街道の大口筋）沿いの極細粒砂層（Wakimoto sample）

地点2）始良市船津春花集落西方約1 km、海拔約45 mの沢沿いのシルト層（Funatsu sample）

地点3）始良市住吉の住吉池東方約400 m、海拔約30 mの道路沿いのシルト層（Sumiyoshi sample）

地点4）鹿児島厚生年金健康福祉センター「サンピアあいら」（現ウエルビークラブ）

試錐試料S-36：掘削深度700 mのシルト層

試錐試料S-38：掘削深度720 mのシルト層

今回、報告できなかったが、丸岡の試料（図2の地点5）は宇曾ノ木川河岸から得られた。

約250～180万年前の湖成層を不整合関係で覆う、脇元白銀坂（地点1）の貝化石を含む地層は海拔200 m付近に分布し、西方へ惣林嶽、赤崩、天ヶ鼻の山体の北壁に沿って海拔200～250 m付近に追うことができる。白銀坂を除けば殻は溶けているが、二枚貝、巻貝、ウニなどの化石を産する。周藤ほか（2000b）は、平松～脇元地域において、この貝化石を産する地層が平松安山岩、白浜玄武岩の下位に存在することから、これらの地層の重なりが観察される鹿児島市北部の竜ヶ水に分布する三船層（大木・早坂、1970）に対比した。周藤ほか（2000b）は、平松安山岩から $0.48 \pm 0.03$  Ma、白浜玄武岩から $0.48 \pm 0.03$  Ma、 $0.53 \pm 0.07$  MaのK-Ar年代測定値を報告している。竜ヶ水の三船層に挟在する火砕流堆積物は、町田・新井（2011）によって約57～58万年前の樋脇（下門）火砕流に対比されている。これらのことを考え合わせると、白銀坂から得られた貝化石層は国分層群蒲生層下部より古い層準になる。ちなみに三船層より下位の三船流紋岩から $0.80 \pm 0.02$  Ma、竜ヶ水安山岩から $0.74 \pm 0.03$  Ma、牟礼ヶ岡安山岩から $0.68 \pm 0.21$  MaのK-Ar年代測定値（周藤ほか、2000b）が報告されているが、三船流紋岩と竜ヶ水安山岩は逆磁極を示すことから77.3万年より古い可能性がある。

船津春花（地点2）、住吉（地点3）の貝化石を含む層は、いずれも加治木層である。

鹿児島厚生年金健康福祉センター「サンピアあいら」の試錐試料は、秋田大学鉱山学部（当時）の福留高明氏から寄贈されたものである。福留ほか（1988）は、掘削深度689～725 mに挟在するシルト岩について微化石処理を行い、花粉・孢子化石フローラが西井上・大塚（1982）の国分層群の花粉化石に

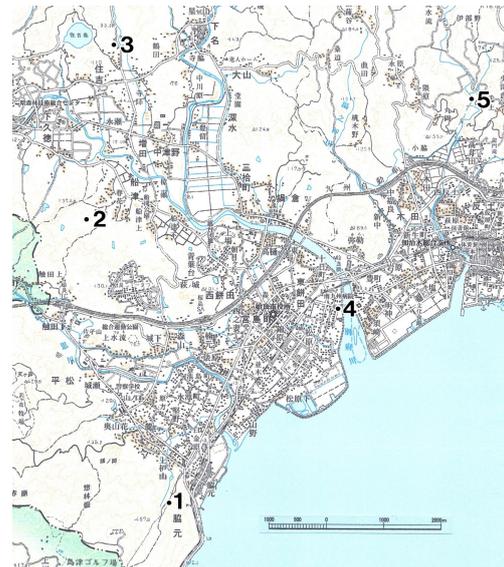


図2 底生有孔虫化石試料採取地点（始良市作成の地形図を使用）

一致することから、国分層群に対比できると報告した。さらに、このシルト岩を覆う火砕流堆積物の岩質が湯湾岳安山岩に類似することから、シルト岩は加治木層と考えられる。福留ほか(1988)は有孔虫化石についても報告しているが、総個体数が100個体以下であることから、寄贈された試料(シルト岩)から改めて有孔虫化石を拾い出した。

各試料はローラーミルで粉碎し、細粒になった試料を蒸発皿に移して煮沸し軟化させた。その後、200メッシュの篩を通して泥を洗い流した試料を恒温乾燥器で乾燥させた。乾燥試料は簡易分割器を用いて分割し、双眼実体顕微鏡下で200個体を超える分割試料についてすべて拾い出した。

#### 4. 底生有孔虫群集解析結果

底生有孔虫化石は抽出処理を行った5試料から53属100種が産出した(表1; -: 1%以下)。膠着質殻有孔虫は見つからなかった。表1に総個体数に対する割合を示し、参考までに福留ほか(1988)の報告した個体数を割合で示した。各試料の同定できた種数は、脇元白銀坂の試料が29種、船津春花が29種、住吉が21種、試錐試料S-36が39種、試錐試料S-38が31種であった。

1) 脇元白銀坂の群集は *Cibicides* 属、*Elphidium* 属で特徴づけられ、*Cibicides* 属が全群集の54%を、*Elphidium* 属は7種が認められて全群集の17%を占める。優勢種として *Cibicides* cf. *refulgens* が33.8%を占め、次いで *Elphidium fax barbarensense* が8.2%、*C. lobatulus* が5.8%、*Cibicidoides* cf. *pseudoungerianus* が4.6%であった。浮遊性有孔虫の割合は36.6%でもっとも高い値を示した。

2) 船津春花の群集は *Bulimina* 属で特徴づけられ、全群集の55%を占めている。優勢種は *Bulimina spinosa* が35.0%でもっとも多く、次いで *B. marginata* が20.0%、*Globocassidulina depressa* が14.1%、*Hopkinsina glabra* が8.9%であった。浮遊性有孔虫の割合は26.0%の高い値を示した。

3) 住吉の群集は種数が5試料中もっとも少なく21種が確認された。優勢種は *Cibicides lobatulus* が24.3%、*Melonis nicobarensense* が12.8%、*Elphidium advenum* が9.3%で、これらの3種で全体の半分近くを占めている。やや優勢な種として *Discorbis* sp. 1が7.3%、*Discorbinella convexa* が6.7%であった。浮遊性有孔虫の割合は2.8%と、試料中もっとも低かった。

4) 試錐試料S-36(掘削深度700m)の群集は種数が39種ともっとも多く、産出頻度の突出した種はいない。属の中では *Cibicides* 属が多く、全群集の16.7%を占めている。優勢種として *Cibicides* cf. *refulgens* が11.3%、*C. lobatulus* が5.4%、次いで *Bulimina marginata* と *Astrononion* sp. が4.9%であった。浮遊性有孔虫の割合は7.3%であった。

5) 試錐試料S-38(掘削深度720m)の群集も産出頻度の突出した種はいない。優勢種として *Ammonia ketienziensis angulata* が12.4%を占め、次いで *Cibicides* cf. *refulgens* が6.9%、*Bolivina robusta* と *Neoconorbina stachi* が5.6%、*Bulimina marginata* が4.9%であった。浮遊性有孔虫の割合は18.8%とやや高い値を示した。

#### 5. 考察

ここでは底生有孔虫化石群集から推定される国分層群初期の堆積環境、海成層の分布から推定される鹿児島湾奥部沿岸地域の構造運動に分けて考察する。

##### a) 底生有孔虫化石群集から推定される国分層群初期の堆積環境

今回、底生有孔虫化石を拾い出した地層は、船津春花、住吉の2地点が国分層群最下部の加治木層、脇元白銀坂が加治木層あるいは蒲生層下部と考えられる。また、別府川河口近くで掘削されたボーリング試料も、湯湾岳安山岩に岩質が類似する火砕流堆積物の存在(福留ほか、1988)から加治木層の可能性が高い。本論では、底生有孔虫化石を調べた試料を国分層群初期の地層として取り扱う。

Oki(1989)は鹿児島湾の86地点の底質に含まれる底生有孔虫の群集解析を行なった。国分層群初期の試料に含まれる100種の底生有孔虫化石の中で、半数以上の58種が現在の鹿児島湾に生息してい

表1 国分層群下部から得られた底生有孔虫 (%)

採取地点・試料 試料採取位置の標高(m)	本論文,2021				福留他,1988			
	船津	住吉	S-36	S-38	S-36	S-38	S-36	S-38
	200	45	30	-700	-720	-700	-700	-720
<i>Cyboea planorbis</i>								
<i>Penispirina cf. communis</i>								
<i>Quinqueloculina fulgida</i>								
<i>Q. granulosa</i>								
<i>Q. lamarciana</i>						4.0	5.6	
<i>Q. vulgata</i>								
<i>Q. spp.</i>			1.5	1.3	12.0	13.9		
<i>Triloculina laevigata</i>					2.7			
<i>T. sp.</i>								
<i>Milammina circularis</i>						2.7		
<i>M. sp.</i>							2.8	
<i>Dentalina</i> spp.								
<i>Lagena laevis</i>								
<i>L. pertusoides</i>								
<i>L. seminifera</i>								
<i>L. sulcata spicata</i>								
<i>Lenticulina orbicularis</i>								
<i>L. spp.</i>				1.3				
<i>Parvulina planulata</i>								
<i>Gutulina</i> spp.								
<i>Sigmodella kagenensis</i>								
<i>Oolina borealis</i>								
<i>O. hexagona</i>								
<i>O. melo</i>								
<i>Fusulina cf. annectans</i>								
<i>F. cucurbitiformis</i>								
<i>F. laevigata</i>								
<i>F. marginata</i>				1.5				
<i>F. orbignyana</i>								
<i>F.?</i> sp.							2.8	
<i>F. spp.</i>						2.0		
<i>Bulimina elongatissima</i>								
<i>Tosalis</i> spp.								
<i>Bobina humilis</i>								
<i>B. ordinata</i>								
<i>B. robusta</i>	2.4	2.2	1.6	2.5	5.6			
<i>B. cf. seminuda</i>								
<i>B. cf. spinea</i>								
<i>B. cf. subspinescens</i>								
<i>B. spp.</i>						2.7		
<i>Rectobolina niphana</i>								
<i>R. spp.</i>								
<i>Isandella helenaee</i>					1.5			
<i>I. cf. islandica</i>								
<i>Bulimina cf. acanthia</i>								
<i>B. aculeata</i>								
<i>B. cf. filicris</i>					2.5			
<i>B. marginata</i>		2.0	1.6	4.9	4.9	5.3		
<i>B. cf. simplex</i>								
<i>B. spinosa</i>		3.0						
<i>B. spp.</i>								

採取地点・試料 試料採取位置の標高(m)	本論文,2021				福留他,1988			
	船津	住吉	S-36	S-38	S-36	S-38	S-36	S-38
	200	45	30	-700	-720	-700	-700	-720
<i>Reussella aculeata</i>				1.6				
<i>R. spp.</i>								
<i>Ugerina vadescens</i>								
<i>U. spp.</i>								
<i>Hoplitesia gibba</i>		8.9						
<i>Trochammina cf. bradyi</i>						3.9		
<i>Discorbis caroliniana</i>								
<i>D. cf. mira</i>				2.5				
<i>D. sp.1</i>				7.3				
<i>D. spp.</i>					1.5			
<i>Buccella frigida</i>								
<i>Buccella convexa</i>		2.8						
<i>D. spp.</i>				6.7				
<i>Epistominella nanaensis</i>								
<i>E. tamara</i>					2.0			
<i>E. spp.</i>								
<i>Gavelinopsis?</i> sp.								
<i>Neocoronobina stashi</i>				3.4	5.6			
<i>Pateleinella hanzawa</i>								
<i>P. inconspicua</i>								
<i>Rosalina bradyi</i>								
<i>R. floridana</i>								
<i>R. cf. vanderbojana</i>								
<i>R. sp.1</i>					3.3			
<i>R. spp.</i>		1.3						
<i>Cancris</i> spp.								
<i>Vakulinia cf. bradyi</i>								
<i>Glabratella opercularis</i>								
<i>G. subopercularis</i>								
<i>G. sp.</i>							2.8	
<i>Pseudobornetia japonicus</i>								
<i>Pateinia contigata</i>				2.5				
<i>Ammonia beccarii</i>								
<i>A. cf. japonica</i>								
<i>A. ketbenziensis</i>								
<i>A. ketbenziensis angulata</i>			1.9		12.4	22.7	13.9	
<i>A. takanabensis</i>						9.3		
<i>A. spp.</i>					1.5			
<i>Pseudobornetia gaimardi</i>								
<i>P. spp.</i>							5.3	
<i>Ephidium advenum</i>	1.5		9.3		1.6	2.7	2.8	
<i>E. aureum</i>		1.3						
<i>E. costiferum</i>								
<i>E. crispum</i>								
<i>E. depressulum</i>	3.0		1.6		2.0		11.1	
<i>E. fax baharensis</i>	8.2							
<i>E. cf. hanzawai</i>								
<i>E. jenseni</i>	1.5							
<i>E. cf. sekoyensis</i>								
<i>E. subcardium</i>	1.0							
<i>E. spp.</i>					2.5		2.9	

表2 底生有孔虫優勢種と鹿児島湾における生体殻生息水深

共通優勢種	鹿児島湾	遺骸殻	日本周辺海域
<i>Fissurina levigata</i>	142~207 m	93 m~	20 m~
<i>Bohlinia robusta</i>	28~170 m	20 m~	30~408 m
<i>Rectobohlinia naphana</i>	39~220 m	20 m~	40~333 m
<i>Bulimina marginata</i>	28~225 m	20 m~	30~665 m
<i>B. spinosa</i>	95~220 m	75 m~	49~212 m
<i>Ruissella aculeata</i>	42~74 m	23 m~	23~155 m
<i>Hoplénina glabra</i>	28~150 m	23 m~	09~68 m
<i>Discorbis candidana</i>	155 m	38 m~	
<i>D. cf. nra</i>	20~213 m	20 m~	
<i>Discorbina convexa</i>	42~105 m	20 m~	72~232 m
<i>Neocorbina stachi</i>	20~101 m		12.5~72 m
<i>Ammonia kebinzensis angulata</i>	40~80 m	23 m~	56~118 m
<i>Ephidium advenum</i>	36~150 m	20 m~	5~235 m
<i>E. crispum</i>		20 m~	5~70 m
<i>E. depressulum</i>	40 m	23 m~	
<i>E. janseni</i>	39 m	20 m~	1.5~50 m
<i>E. subcerium</i>		23 m~	
<i>Oboloides lobatulus</i>	42~106 m	20 m~	10~115 m
<i>Globocassidulina subglobosa depressa</i>	60~185 m	36 m~	80~208 m
<i>Cassidulina noronhai</i>	40~225 m	23 m~	
<i>Astrononion cf. stelligerum</i>	60~225 m	23 m~	
<i>Nonion pauperata</i>	60~225 m	42 m~	73~378 m
<i>Pseudononion cf. gratebulpi</i>	28~220 m	23 m~	9~875 m
<i>Oboloides cf. pseudononionianus</i>	66~155 m	20 m~	46~430 m
<i>C. subaefigeri</i>	88~105 m	39 m~	
<i>Hanzawaea nipponica</i>	39~66 m	38 m~	14~160 m

採取地点、試料 試料採取位置の標高 (m)	本論文, 2021			福留他, 1988		
	船津	住吉	S-36	S-38	S-36	S-38
<i>Protobulimina schmidtii</i>	200	45	30	-700	-720	-720
<i>Eporides repandus</i>						
<i>Hyalinea balthica</i>						
<i>H. spp.</i>			24.3	5.4	4.2	8.0
<i>Oboloides lobatulus</i>	5.8					11.1
<i>C. cf. refulgens</i>	33.8		11.3	6.9		
<i>C. sp. 1</i>		4.8				
<i>C. spp.</i>	14.6	2.9			5.3	13.9
<i>Cymbaloporeta</i> spp.						
<i>Loxostomum imbatum</i>						
<i>Globocassidulina bisecta</i>						
<i>G. depressa</i>		14.1			3.9	
<i>G. ornigulata</i>						
<i>G. subparva</i>			3.9			
<i>G. spp.</i>					3.3	
<i>Cassidulina noronhai</i>					2.3	
<i>C. carnata</i>					1.3	
<i>C. spp.</i>		4.8				
<i>Eurocassidulina</i> spp.						
<i>Paracassidulina</i> spp.						
<i>Astrononion cf. henrydenise</i>					1.3	
<i>A. cf. stelligerum</i>						
<i>A. umbellatum</i>						5.6
<i>A. sp. 1</i>			4.9			
<i>A. spp.</i>						
<i>Nonion japonicum</i>						5.6
<i>N. labradoricum</i>					2.6	
<i>N. manipukuzense</i>						
<i>N. pauperata</i>					1.3	
<i>N. spp.</i>				4.4		
<i>Pseudononion cf. gratebulpi</i>				3.0		
<i>P. spp.</i>						
<i>Nonionella</i> spp.						2.7
<i>Oridorsalis umbonatus</i>						5.6
<i>Gyrodina profunda</i>						
<i>Gyrodinoides kuwanoi</i>						
<i>G. cf. orbicularis</i>					1.3	
<i>G. spp.</i>						
<i>Anomalina glabrata</i>						
<i>Oboloides cf. pseudononionianus</i>	4.6			1.6		2.8
<i>C. subaefigeri</i>	1.8					
<i>C. sp. 1</i>				2.0		
<i>C. spp.</i>						
<i>Hanzawaea nipponica</i>	1.8					5.3
<i>Heterolepa pascuicrus</i>			12.8			
<i>Melania nicobarense</i>	3.0					
Miscellaneous Porcellaneous					4.2	9.9
Miscellaneous Hyaline					4.2	8.8
総個体数	328	460	313	203	306	76
Planktonic ratio (%)	36.6	26.0	2.8	7.3	18.8	3.6

る。その中で、いずれかの試料において1%以上の産出頻度を持つ種の鹿児島湾における生息深度を表2に示す。なお、この表にはOkii(1989)の報告した、これらの種の日本近海での生息深度も示した。ここでは、おもに生体殻の生息深度にもとづいて国分層群初期の5試料の堆積環境を考察するが、化石群集は生息海域から深い海底へ運搬され堆積した個体を含むことを考慮する必要がある。

Okii(1989)は鹿児島湾の底生有孔虫群集を、性質の異なる水塊によって生じる7つの環境下に対応して、5つの有孔虫群集にまとめられることを報告した。その1つは膠着質殻有孔虫のみから構成される群集で、湾奥部の南西部を除く、海底火山性噴気活動による酸性水塊が発達する海域である。したがって湾奥部の石灰質殻有孔虫については、南西部海域のみを対象とする。なお、鹿児島湾は湾奥部、湾中央部、湾口部(外洋を含む)に分けられているが、それらの3つの海域すべてに分布が確認された場合は全海域と表記する。また、鹿児島湾には水深200mを超える海盆が湾中央部に存在し、地形的に沿岸浅海域、斜面、海盆に分けて表記する。

1) 脇元白銀坂の試料において、産出頻度が1%以上を占める14種の中で鹿児島湾に生息する種は10種である。湾中央部の流れの強い沿岸浅海域および湾口部から外洋にかけて分布する*Cibicides lobatulus*の生体殻は水深42~106mから確認され、日本周辺海域では水深10~115mから報告されている。*Cibicidoides pseudoungerianus*は湾の外洋水が流入する湾口部において優勢で、生体殻は水深66~155mで確認されている。湾中央部沿岸浅海域から湾口部、外洋にかけて分布する*Elphidium depressulum*の生体殻は水深40m、おもに湾中央部から湾口部に至る薩摩半島に沿って分布する*E. jenseni*の生体殻は水深39mで確認されている。そのほかの種として*Bolivina robusta*が全海域に分布し、生体殻は水深28~170mで確認されている。以上のことから、脇元白銀坂の地層の堆積環境は、沿岸浅海域の、外洋水の影響を受ける海域に堆積したと推定される。

2) 船津春花の試料では、産出頻度が1%以上を占める8種の中で鹿児島湾に生息する種は6種である。試料において全群集の55%を占める*Bulimina spinosa*と*B. marginata*は、湾中央部の海盆底を代表する種である。*B. spinosa*は湾奥部と湾中央部の深い海底に分布し、生体殻は水深95~220mで確認されている。日本周辺海域でもほぼ同じ、水深49~212mから生体殻が報告されている。*B. marginata*は、湾のほぼ全海域の73地点で認められ、鹿児島湾の斜面から海盆を特徴づける種である。生体殻は水深28~225mで認められ、日本周辺海域では水深30~665mから報告されている。次に優勢な*Globocassidulina depressa*は湾中央部と湾口部に分布し、生体殻は水深60~185mで認められている。さらに*Hopkinsina glabra*はおもに湾中央部に分布し、生体殻は水深28~150mで認められている。以上のことから、船津春花の加治木層の堆積環境は、水深100mを超える斜面から海盆底であったと考えられる。

3) 住吉の試料では、産出頻度が1%以上を占める11種の中で鹿児島湾に生息する種は8種である。最優勢種である*Cibicides lobatulus*は、すでに述べたように、生体殻は湾のほぼ全海域の水深42~106mで確認され、日本周辺海域では水深10~115mから報告されている。*Melonis nicobarense*は、鹿児島湾では確認されていないが、沖縄県の石垣島と西表島間のサンゴ礁海域から報告されている(Hatta and Ujiie, 1992)。*Elphidium advenum*は湾中央部の沿岸近く、および湾口部で産出頻度が高く、生体殻は水深36~150mで確認され、日本周辺海域では水深5~235mから報告されている。さらに*Discorbinella convexa*がほぼ全海域から産出し、生体殻は水深42~105mで確認され、日本周辺海域では水深72~232mから報告されている。産出頻度は1.6%と低いが*Ammonia ketienziensis angulata*の生体殻が水深40~80mで、*Reussella aculeata*の生体殻が水深42~74mで確認されている。以上のことから、住吉の加治木層の堆積環境は水深100mより浅い沿岸浅海域であったと考えられる。

4) 試錐試料S-36では、産出頻度が1%以上を占める15種の中で鹿児島湾に生息する種は7種である。優勢な*Cibicides lobatulus*の生体殻は、すでに述べたように、湾のほぼ全海域の水深42~106mで確認され、日本周辺海域では水深10~115mから報告されている。*Bulimina marginata*もすでに述べたが、斜面から海盆底において産出頻度が高く、生体殻は水深28~225mで認められている。そのほか、湾中央部の沿岸浅海域、湾口部で産出頻度の高い*Neoconorbina stachi*の生体殻は水深20~

101 m, 日本周辺海域では水深 12.5~72 m から, 湾全域に分布する *Pseudonion grateloupi* の生体殻は水深 28~220 m, 日本周辺海域では水深 9~875 m から, 湾中央部の沿岸浅海域, 湾口部で産出頻度の高い *Bolivina robusta* の生体殻は水深 28~170 m, 日本周辺海域では水深 30~408 m から, 湾中央部の沿岸浅海域, 湾口部から外洋にかけて産出頻度の高い *Discorbis mira* の生体殻は水深 20~213 m から報告されている。ちなみに *D. mira* は, 鹿児島湾でまとめられた 5 つの底生有孔虫群集の, 外洋水の影響下にあるグループとして報告されている。以上のことから, 試錐試料 S-36 の堆積環境は外洋水の影響が比較的強い沿岸浅海域からやや沖合の深い場所であったと考えられる。

5) 試錐試料 S-38 では, 産出頻度が 1 %以上を占める 18 種の中で鹿児島湾に生息する種は 13 種にも及ぶ。最優勢種の *Ammonia ketienziensis angulata* は湾中央部の沿岸浅海域, 湾口部で産出頻度が高く, 生体殻は水深 40~80 m で確認され, 日本周辺海域では水深 56~118 m から報告されている。*Bolivina robusta*, *Neonorbina stachi*, *Bulimina marginata*, *Cibicides lobatulus*, *Globocassidulina depressa* の生体殻の分布範囲はすでに述べた。湾中央部南半部, 湾口部から外洋にかけて分布する *Discorbis candeiana* は, 生体殻が外洋の水深 155 m で確認されている。これらのことから, 試錐試料 S-38 の試料は外洋水の影響下にある沿岸浅海域の堆積環境であったと考えられる。

今回, 有孔虫を拾い出した 5 試料から得られた底生有孔虫化石群集の半数以上の種が現在の鹿児島湾に生息していること, それらの生体殻の生息深度を考え合わせると, 船津春花の試料がやや深い堆積環境であることを除けば, 脇元白銀坂, 住吉, 試錐試料の 4 試料は, やや浅い沿岸浅海域の堆積環境であったと考えられる。一方で, 浮遊性有孔虫の割合は 36.6~2.8 % の範囲であったが, 国分層群初期の堆積盆の形態や外洋水の流入経路などがわからないことから, これらの値から各試料が堆積した当時の環境を推定することはできない。

#### b) 国分層群初期の堆積層から推定される湾奥部沿岸地域の構造運動

活断層研究会 (1980) が出版した「日本の活断層」の中で, 大木は吉野台地北部の牟礼ヶ岡・赤崩山塊と始良の平野・丘陵地との境界に西北西~東南東方向の重富断層を報告している。断層の運動に触れていないが, 大木ほか (1990) は, この断層の南側に広がる牟礼ヶ岡・赤崩山塊の火成活動の時期に鹿児島市中央部が沈降する傾動運動の存在を指摘している。さらに大木 (2020) は, 重富断層が重富から川内川河口へ直線的に延びる断層の一部で, この断層に沿う南側の山体が隆起したと報告した (図 3)。ちなみに始良地域の最下部を占める約 250~180 万年前の湖成層も隆起して, この東西方向に延びる山体の高所に分布している。重富断層を生じさせた牟礼ヶ岡・赤崩山塊の隆起は, これらの火山岩を覆う海成層の花倉層・吉野火砕流の分布状態から裏づけられ, 花倉層を挟んで上下に位置する下門火砕流と吉野火砕流の年代から約 58~50 万年前から始まったと推定される。さらに断層より南側に分布する国分層群最上部の, 約 40 万年前に堆積した吉田貝層が海拔 50~60 m に分布することから, この隆起はその後も継続したと考えられる。

一方, 大木・岡田 (1997) は, 加久藤火砕流堆積後の最終間氷期には鹿児島市地域が海域 (城山層) であるのに対し, 霧島市の国分から福山に至る地域には河川~湖沼が広がっていたこと, 福山に分布する湖沼堆積物に西から東へ滑ったスランプ構造と, これらの堆積物に西方から飛んできて斜めに突き刺さったブロックサグ構造が認められることから, 現在の湾奥部には山体が存在していたと報告した。このことは, 阿多火砕流が国分平野地域に堆積した時期に, 国分地域の南

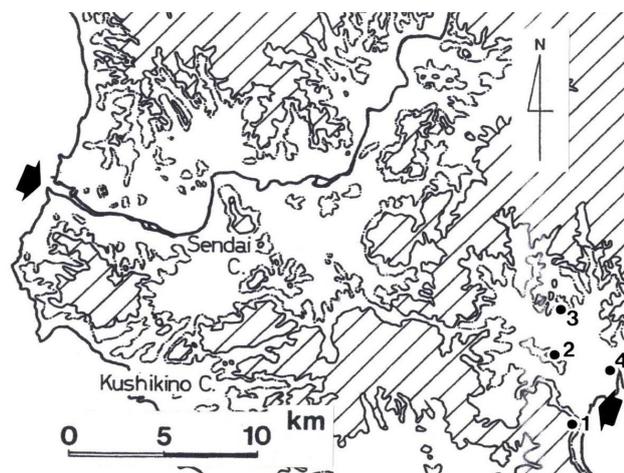


図 3 薩摩半島北部の地形 (斜線は 200 m 以上の山体) と推定断層 (矢印の間), 試料の位置

方に北西-南東に走る顕著な地形的障害が存在していた可能性を示唆した荒牧(1969)の報告とも一致する。さらに、吉野台地の東縁部に分布する寺山玄武岩(大木・早坂, 1970)が東から西へ流れ下ったことから支持される。ちなみに鶴丸ほか(2017)は、国分平野に分布する加久藤火砕流堆積後から入戸火砕流堆積までの3層準の湖沼堆積物について珪藻化石を調べ、これらの堆積物が河川の中流・下流域から湖沼の堆積環境下で堆積したと報告している。以上のことから、重富断層の南側の隆起した山体が東へ続いており、少なくとも加久藤火砕流が噴出した約33万年前以降には、山体の北側にあたる現在の始良地域から国分地域にかけて湖沼が広がっていたと推定される。この山体は約29,000年前に始良カルデラを形成させた噴火によって陥没し、現在の海域になったと考えられる。

今回、底生有孔虫化石群集を解析した国分層群初期の5試料の堆積環境は、現在の鹿児島湾と同様な内湾で、外洋水の影響下にある200 mより浅い海域であったと推定される。重富断層の南側に位置し、海拔200 m付近に分布する脇元白銀坂の地層は、外洋水の影響下にある沿岸に近い水深100 mほどの海底に堆積したと考えられることから、重富断層を境にして南側が過去60万年間に300 mほど隆起した(5 cm/100yrs)ことになる。一方、船津春花の地層は水深150 m前後の斜面から海盆の海底に堆積したと推定されることから、過去60万年間に200 mほど隆起した(3.3 cm/100yrs)ことになり、脇元白銀坂と船津春花の間に位置する重富断層の相対的変位量は100 mほどになる。

「サンビアあいら(現ウェルビークラブ); 海拔4 m」の試錐試料は、掘削深度700 m前後の2層準から得られている。底生有孔虫群集から上位の試料(S-36)の堆積した水深がやや深く、下位(S-38)の方が浅いと考えられるが大きく水深が異なることはなく、いずれも水深100 m前後の海底に堆積したと考えて良い。このことから掘削地点は、少なくとも地下600 m前後に当時の海面があったと推定される。福留ほか(1988)は、鹿児島地溝内の基盤岩の落ち込みについて論述し、この掘削地点が鹿児島地溝の西縁部に位置し、おそらく地溝の落ち込みによって深度700 m前後に海成層が存在していると考えた。しかし福留ほか(1988)の示した鹿児島地溝の西縁を挟んで、始良地域に分布する国分層群に東側が落ちた証拠は認められない(図1)。鹿児島地溝の西縁で行われた掘削は鹿児島県(1999)の報告がある。古澤ほか(2018)は、この鹿児島市谷山の永田川河口付近の掘削で得られたコア試料について火山ガラスの主成分および微量元素組成を調べ、挟在する火砕流堆積物の識別を行なった。その結果、国分層群の上半部に相当する堆積層(鹿児島市の三船層・花倉層に相当)が、地下90 mから265 m付近に存在することが明らかになった(加久藤火砕流より下位; 樋脇(下門)火砕流の上位)が、これより下位の国分層群初期に相当する地層まで掘削が達していない。陸域に分布する加治木層より下位の地層が、それ以前の構造運動によって陥没した可能性も否定できないが、その解明は今後の重要な課題の一つである。

## 6. まとめ

今回、底生有孔虫化石を拾い出した5試料から、以下のことが明らかになった。

1) 底生有孔虫化石を拾い出した5試料は国分層群初期の堆積物と考えられ、底生有孔虫化石53属100種が同定された。今回、同定された種の半数以上にあたる58種が現在の鹿児島湾に生息しており、各試料が堆積した海洋環境はやや異なるが、大きく捉えると現在の鹿児島湾の堆積環境の範囲内に収まると考えられる。

2) 脇元白銀坂(地点1)は*Cibicides*属が全群集の54%を、*Elphidium*属が17%を占めることなどから、沿岸浅海域の外洋水の影響を受ける堆積環境; 船津春花(地点2)は*Bulimina*属が全群集の55%を占めることなどから、比較的深い斜面から海盆底の堆積環境; 住吉(地点3)は*Cibicides lobatulus*, *Melonis nicobarensis*, *Elphidium advenum*の3種で群集の半分近くを占めることなどから、沿岸浅海域の堆積環境; 試錐試料S-36(地点4)は産出頻度の突出した種がなく、*Cibicides*属が全群集の16.7%を占めることなどから、外洋水の影響がおよぶ沿岸浅海域からやや沖合の深い堆積環境; さらに試錐試料S-38(地点4)も産出頻度の突出した種がなく、優勢種として*Ammonia ketienziensis angulata*が12.4%を占めることなどから、外洋水の影響下にある沿岸浅海域の堆積環境であったと考えられる。

3) 重富断層を挟んで南側の海拔 200 m に位置する脇元白銀坂 (地点 1) は、底生有孔虫化石群集から推定される堆積環境を考慮すると、過去 60 万年間に 300 m ほど隆起したと考えられる。一方、断層より北側の海拔約 45 m に位置する船津春花 (地点 2) は、底生有孔虫化石群集から推定される堆積環境を考慮すると、過去 60 万年間に 200 m ほど隆起したと考えられる。したがって断層を挟む両地点の相対的変位量は 100 m ほどになる。

4) 「サンピアあいら (現ウエルビークラブ)」の試錐試料 (国分層群下部) は深度 700 m 前後から採取され、鹿児島地溝内の落ち込みが想定されていたが、この地溝西縁の延長上に分布する国分層群にはその証拠は認められない。国分層群が堆積し始めた最初期の構造運動の可能性もあるが、結論は今後の研究を待ちたい。

## 謝 辞

元秋田大学工学資源学部の福留高明氏には始良市で行われた試錐のコア試料をいただき、貴重な情報を提供していただいた。心よりお礼を申し上げる。

## 文 献

- 福留高明・青崎 玄・的場保望・竹内貞子, 1988, 秋田大学鉱山学部資源地学研究施設報告, 53, 41-56.
- 古澤 明・大木公彦・宮脇理一郎, 2018, 地質学雑誌, 124(6), 435-447.
- 長谷義隆, 1988, 熊本大学教養部紀要 自然科学編, 23, 37-82.
- Hatta, A. and Ujiie, H., 1992, Bull. Coll. Sci., Univ. Ryukyuu, 53, 49-119.
- 伊田一善・篠山昌市・斎藤一雄・加藤甲壬, 1950, 地質調査所月報, 1(2), 9-14.
- 香川 淳・大塚裕之, 2000, 地質学雑誌, 106(11), 762-782.
- 鹿児島県, 1999, 平成 10 年度地震関係基礎調査交付金成果報告書, 53pp.
- 活断層研究会, 1980, 東京大学出版会, 363pp.
- 町田 洋・新井房夫, 2011, 東京大学出版会, 336pp.
- 中野真帆・大木公彦, 2013, 鹿児島大学理学部紀要, 46, 25-36.
- 西井上剛資, 1984, 鹿児島県立博物館研究報告, 3, 31-47.
- 西井上剛資・大塚裕之, 1982, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 15, 89-100.
- Oki, K., 1989, South Pacific Study, Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac., 10 (1), 1-191.
- 大木公彦, 2010, 日本地質学会 編: 日本地方地質誌 8, 九州・沖縄地方, 朝倉書店, 133-140.
- 大木公彦, 2020, Nature of Kagoshima, 46, 89-93.
- 大木公彦・早坂祥三, 1970, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 3, 67-92.
- 大木公彦・岡田博有, 1997, 月刊地球, 19(4), 247-251.
- 大木公彦・舟津俊宏・早坂祥三, 1990, 浦島幸世教授退官記念論集, 125-133.
- 大木公彦・古澤 明・佐藤 亮, 2000, 日本地質学会第 107 年学術大会講演要旨, 348.
- 大塚裕之・西井上剛資, 1980, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 13, 35-76.
- 佐藤 亮, 2011, 鹿児島県地学会誌, 98, 39-43.
- 佐藤 亮・大木公彦・古澤 明・廣瀬亜紀子, 2000, 鹿児島大学理学部紀要, 33, 69-87.
- 周藤正史・石原和弘・巽 好幸, 2000a, 火山, 45(1), 1-12.
- 周藤正史・宇都浩三・味喜大介・石原和弘・巽 好幸, 2000b, 京都大学防災研究所年報, 43(B-1), 15-35.
- 鶴丸杏莉・中島穂乃香・橋元沙季・平川珠理・矢野大地・若松齊昭, 2017, 鹿児島県地学会誌, 109, 9-14.