

# 九州西方甌島周辺海域の海洋地質調査

## ～地質調査所による1969年度調査研究航海②～

### 海底地質調査技術グループ

#### 4. 当海域の地質に関する従来知識

次に 当海域周辺の地質に関する従来知識を整理して 研究計画実施の基礎にしたい。記述は 陸域の地質 海底基盤地質 底質および第四紀層の3項目にわけて行なう。

##### 4-1 陸域の地質

周辺陸域の地質に関する知識のうち 1961年までのものについては 松本・野田・宮久(1962)に詳しくまとめられている。地域をいくつかに分けて 主として 同文献によってそれぞれの地質の概要を記す。第6・7表は関連地域の地質総括対比表である。

五島列島一五島列島の地質については 神津(1910)以来 多くの報告がある。神津(1913 20万分の1 福江図幅)は 五島列島に発達する一連の地質系統を時代未詳中生層としたが その後 植田(1961)は

- ① 五島列島に分布する一連の堆積岩系統を五島層群と呼び 北西九州の相ノ浦 佐世保および野島層群の下部に対比した。
- ② 同じく花崗岩類を 五島花崗岩類と呼び その貫入時期を 五島層群への貫入関係およびジルコン対比法により 中新世後期とした。
- ③ 五島層群と密接に関係する火山岩群を 五島火山岩類と

呼び これが 緑色凝灰岩地域の活動ときわめて類似するが 五島列島の地質学的位置に關係して 非グリンタフ地域とグリンタフ地域の両性状を併せた特徴を示すものであると考えた。

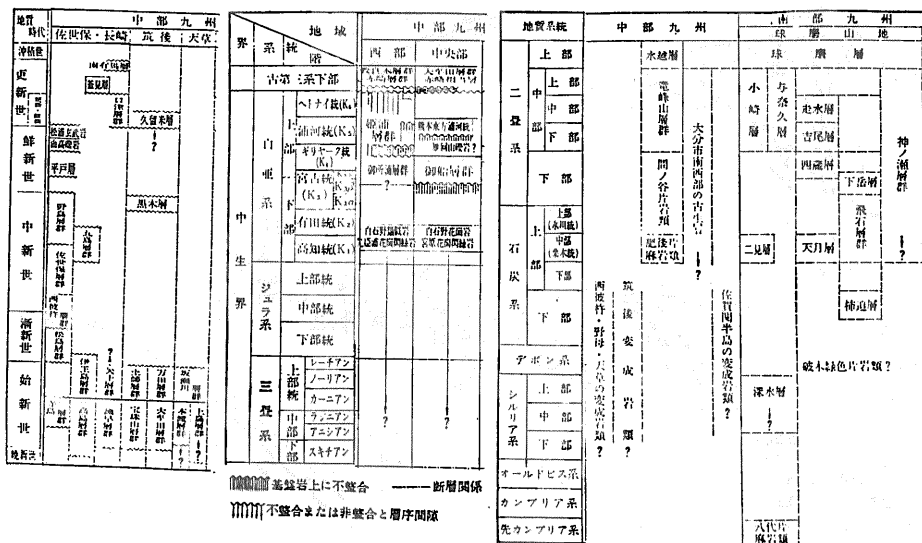
- ④ 五島列島の地質構造は 天草褶曲構造に類似するが 列島北部(中通島)では NS 性の断層が顕著であることを指摘した。

また 坂口(1961)は 平島の五島層群上部から 長浜・水野(1965)は 奈留島の4地点で *Bellamyia* をはじめとする淡水棲貝化石を発見し これを含む地層を 野島層群(中新世後期)の下部(大屋層)に対比した。さらに長浜・水野(1965)は 北西九州本土から 奈留島・福江島に連なる 中新世後期の火山活動を伴った沈降帯を想定し これを五島-野島沈降帯と呼んだ。

なお 五島列島には このほか 五島層群を不整合におおう アルカリかんらん石玄武岩(松浦玄武岩)や 中通島・相ノ島の變成岩の存在(松井・今井・片田1961)が知られている。

男女群島・鳥ノ島一男女群島の地質について 鳥山(1937)は 全島が白亜紀の玢岩であると考え 対馬盆地(南鮮の慶尚層群と中国・北九州地方の関門層群が大きなひとつの堆積盆-対馬盆地-の堆積物であるとした)の南限が 男女群島の南西方にあるとした。

しかしごく最近の松本・高橋(1968)の研究によれば



第6表  
関連地域地質総括表  
(松本・野田・宮久  
1962の一部 古生界  
は 野田・松本 中生界は 松本 新生界は 野田・宮久・松本による)



第8表 鹿児島県北薩地方の層序区分(橋本 1962)

地質区	地質時代	地層名(厚さ約—m)	関係	
四万十帯	沖積世	沖積層		
	洪積世 中新世後期	溶結凝灰岩・礫層・シラス・安山岩	不整合	
		石英安山岩・火砕岩・堆積岩	不整合	
	中新世中期	紫尾山花崗閃緑岩 (岩株)	貫入	
		玢岩 (岩脈)	貫入	
	古第三紀?	瀬戸口累層 (1800)	貫入	
		宮之城累層	上部層 (500)	整合
			下部層 (1000以上)	整合
	白亜紀? ~ ジュラ紀?	北薩層群	牛の浜累層 上部層 (300)	整合
			下部層 (1000以上)	整合
高城累層群		上部層 (300)	整合	
		中部層 (800)	整合	
		下部層 (1000以上)	整合	
東郷層群		上部層 (350以上)	断層	
		中部層 (700)	整合	
	下部層 (1000)	整合		
秩父累層	古生代後期	古生層 (層厚不明)	牛の浜構造線	

天草・長島-天草の古生界は 下島西海岸の高浜-大江の結晶片岩類(彼杵変成岩類)および上島南東部姫浦南方海岸の結晶質石灰岩を伴う雲母片麻岩類である。後者は肥後変成岩帯の延長であろうといわれている(松本1953 山本1953)。次にこの地域に広く分布する白亜系は 宮古統-ギリヤーク統の砂岩を主体とし内湾性相が卓越する御所浦層群(層厚1,000m弱)および浦河統-ヘトナイ統の浅海性相を含む姫浦層群(層厚1,200m強)である。

天草炭田の古第三系については 長尾(1926) 松下(1949) 高井・坊城(1963)ほかの研究がある。高井・坊城は 下島東部の古第三系を 下島・逆瀬川の2層群にわけた(層厚は両者を合わせて1,800m程度-長尾による上島のものも同様である)。これらの地層は 高島炭田の高島・伊王島両層群と同時代のものであるが基盤の隆起部により分断された 別個の場で堆積した可能性が強いといわれる(松本・野田・宮久 1962)。なお 天草の古第三系は 北東-南西方向の短軸褶曲構造を主体とし これを いろいろな方向の断層が切っており 筑豊炭田で代表されるような 北北西または南北

方向の断層構造と対照的である。前述のように 天草型の構造は 五島層群にも認められる。松本・野田・宮久(1962)は 筑豊を朝鮮方向の 天草・五島を琉球方向の表現と解釈している。そして 後者の序曲が 前記の 姫浦層群の堆積盆の方向(第35図)として表わされているのである。

天草下島と本土の間に位置する長島は 全島ほとんどが 鮮新統の凝灰角礫岩-輝石安山岩よりなる。また天草上島の佐井津付近には ロノ津層に似た 鮮新統と考えられる地層 牛深南方下須島東部には 始良溶岩に似た 両輝石安山岩の存在が知られている。さらに 天草の古第三系中には 岩脈-侵入岩床状の石英斑岩・流紋岩・粗粒玄武岩・玢岩・安山岩等が知られているが このうち 流紋岩類の時代は中新世ではないかと考えられている(松本・野田・宮久1962)。

甌列島-甌列島の地質系統は 大半为天草と同様である。すなわち 列島中部に上部白亜系(姫浦層群中部相当層を含む) 北部には赤紫色頁岩の発達を特徴とする 天草古第三系の最下部相当層があって両者は北東方に緩く沈下する向斜構造の底部をなしているらしい(松本・野田・宮久 1962)。列島南部には 白亜系を貫く花崗閃緑岩の広い分布が知られている。Miller・Shibata・Kawachi(1962)は K-Ar法で 下甌村瀬尾の 角閃石黒雲母花崗閃緑岩の絶対年代を測定し 13±4 m. y. B. P. (中新世後期)の値を得た。

北薩地方-川内川流域を含み阿久根から串木野におよぶこの地方は 中新世後期から洪積世の石英安山岩やシラスなどにおおわれるが(第8表) その下位にはジュラ紀?-白亜紀?の東郷・北薩両層群(層厚 5,000-6,000m)や古第三紀?の宮之城・瀬戸口両累層(層厚3,000m)-いずれも四十十帯帯に属す- さらに秩父累層の古生層が発達する。これらの古生層ならびに時代未詳層群の構造は 一般に 東部では NE-SW 走向であるのに対して 西部では NNW-SSE に変わり 西方への急傾斜を示す。この屈曲を 橋本(1962)は 北薩の屈曲と呼んだ。これは 西南日本外帯の秩父帯と四十十帯とをわける 仏像構造線がこの地域で大きく南方に屈曲しているのと調和的である。

この地域のシラスは 更新世の一連の火山活動(阿多・始良等)の産物であって 北部・中部九州の阿蘇溶結凝灰岩(更新世後期)と同様に 海底の地質を把握する場合には 重要な鍵の一つとなるであろう。

八代海東岸地域一八代市南方 白杵-八代構造線の南側には北から白亜系上部二畳系 蛇紋岩 上部ジュラ系等の帯状配列がある。白杵-八代構造線の北側には上部二畳系の千枚岩および石灰岩からなる竜峰山層群がありさらにその北側に肥後変成岩類 上部二畳系の水越層 白亜系の御船層群等が帯状に配列される。また八代海に浮ぶ根島には 姫浦層群が根島の西方に隣接する大築島などには 肥後片麻岩類が分布する(松本・野田・宮久 1962; 松本・勘米良 1964; 5万分の1地質図幅 日奈久)。

宇土半島やその周辺には 安山岩質の集塊岩・凝灰岩礫岩や角閃安山岩の分布があり 後者は 金峰山溶岩に對比されている(松本・野田・宮久 1962)。

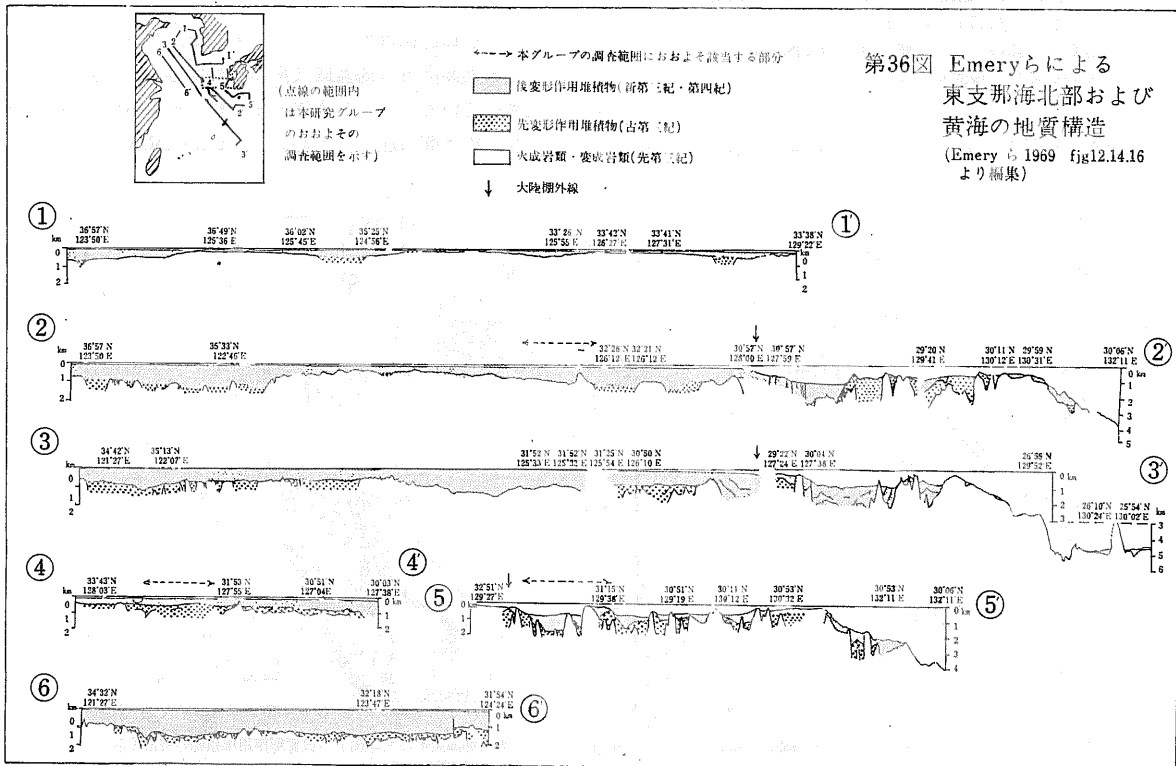
4-2 海底基盤地質

当海域の海底基盤地質については従来資料がほとんどなかったが 幸い最近多少わかってきた。Emery ら(1969)は 東支那海海底の地質構造と海水の広域にわたる調査を行なった。地質構造の解析には 30,000 joule のスパーカーが使われ 海底下1,000~2,000m 程度の構造が推定された。このうち 今回の甌島周辺の調査海域内にある測線を中心に同氏らの海底下の推定構造図を示した(第36図)。

東支那海の大陸棚地域には 黄海と東支那海の境界付

近の Fukien Reinan Massif と 大陸棚外縁をかたどる Taiwan Sinzi Folded Zone があり(第37図参照) いずれも その下部に“acoustic” basement の ridge が存在している。前者の“acoustic” basement は先カンブリア紀の火成岩および変成岩を主体とし 中生代の噴出岩を混じえると想定している。また後者は地震波速度および空中磁気探査の結果などを 合わせ考えて おもに 第三紀の堆積層と 酸性の火成岩からなり その形成(褶曲運動)は 多分 古第三紀にはじまり おもに 新第三紀の間に行なわれたと 推定されている。さらに 基盤上の堆積物は 不整合関係にある 2層にわけられ 下層は先変形作用堆積物 (Pre-deformation Sediments) (古第三系)と 後変形作用堆積物 (Post-deformation Sediments) (新第三系)と呼ばれ 後者の厚さは 大陸棚上で 2,000m をこえる部分があると推定されている(第38図)。

一方 九州近傍の水深800~900mの海盆(五島列島の南にあり 調査海域の東半を占める。本文では以後南西九州海盆とよぶ)は 琉球弧の西縁に沿った Okinawa Trough の延長上にあり 同 Trough の Amakusa Folded Zone への転換部にあたる。Amakusa Folded Zone の活動は Taiwan Sinzi Folded Zone より早く 古第三紀のうちに はじまったとされている。陸棚斜



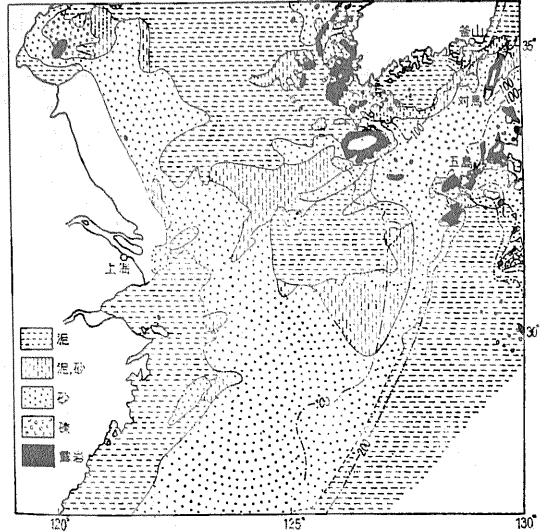


なおこの地域に関しては多種類の海図が発行されており（第40図参照）それらによって堆積物の粒度分布の概略をすることができる。底質について最も重要なことは現在みられる底質の時代性的の問題であろう。

Emery ら (1969) は本調査海域を含む東支那海の大連棚外側部の石灰質の砂が化石および<sup>14</sup>C 年令の上から第四紀の遺存堆積物であることを指摘している。

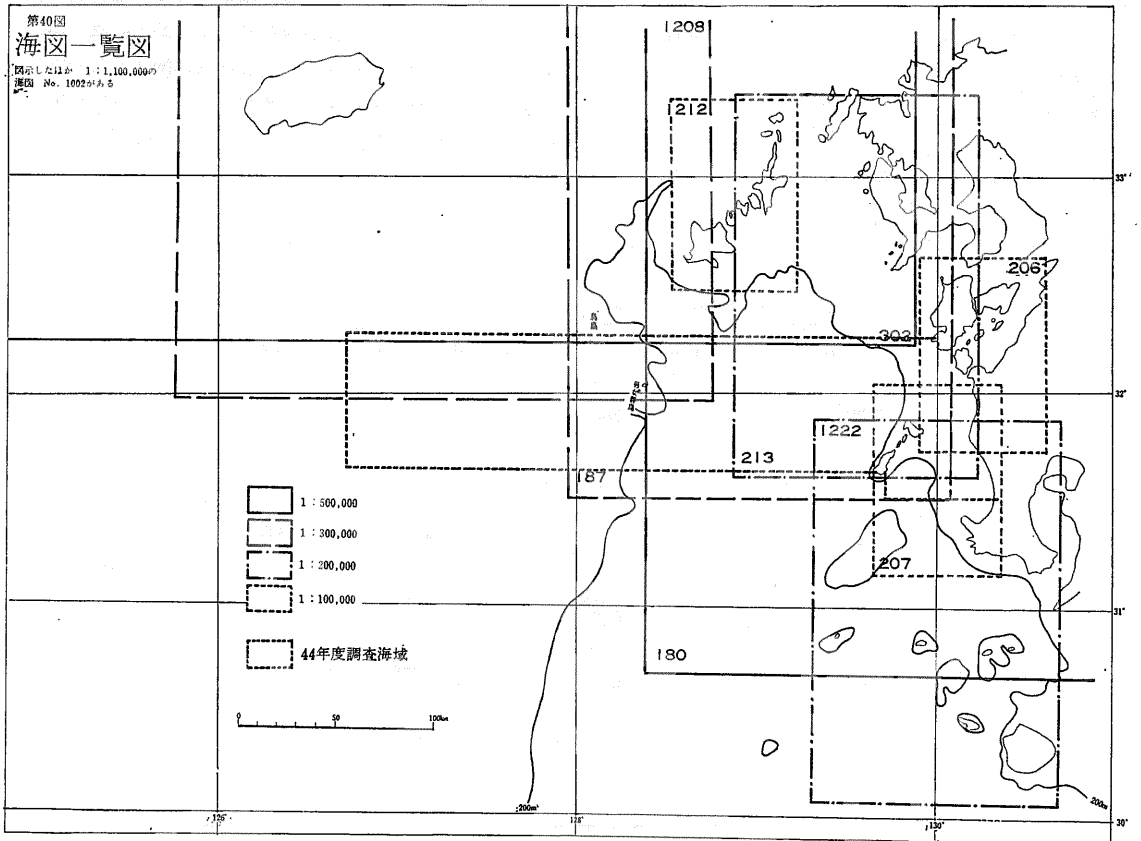
第9表

	測点	12	20	21	22	23
	N. Lat 位置 E. Long	32°02' 128°02'	29°20' 126°18'	29°10' 126°10'	28°45' 126°14'	28°21' 126°06'
<i>Meretrix lamarki</i> Deshayes			×	×	×	×
<i>Ostrea gigas</i> Thunberg		×	×	×	×	×
<i>Pecten albicans</i> Sowerby			×	×		
<i>Rapana thomasicana</i> Crosse			×	×	×	×
<i>Saxidomus purpuratus</i> Sowerby		×	×	×	×	×
<i>Tonna luteosoma</i> (Kuster)			×	×	×	×



第39図 対馬海峡 東支那海の底質図 (新野・エメリー 1961 を松本・野田・宮久 1962より引用)

Emery and Niino (1968) に記載されている化石産出地点 (水深102~150m) および化石種は第9表のとおりである。



第40図 海 図 一 覧 図 (このほか 1 : 1,000,000 の海図 no. 1002がある)

島原	有明海	浦花	福岡	筑前平野周辺	五名 長洲	熊本	阿蘇	宇土	不知火海	陸奥
黒色火山灰層	有明粘土層	黒色土	黒色土	黒色火山灰層	黒色火山灰層	黒色火山灰層	不知火粘土層	不知火粘土層	白色火山灰	陸奥
三金口-O層	志原海層	赤褐色O-O層 低位段O-O層	黒色O-O層 低位段O-O層	赤褐色O-O層 低位段O-O層	赤褐色O-O層 低位段O-O層	赤褐色O-O層 低位段O-O層	二期O-O層 不知火O-O層	二期O-O層 不知火O-O層	島原海層	陸奥
大江層										
大之東O-O層										
八女粘土層										
吾妻層	大之東O-O層	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	二期O-O層	二期O-O層	二期O-O層	陸奥
坊城O-O層		(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	二期O-O層	二期O-O層	二期O-O層	陸奥
白石層		(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	二期O-O層	二期O-O層	二期O-O層	陸奥
口之津層		(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	(赤色土)	二期O-O層	二期O-O層	二期O-O層	陸奥
	第三系地	花崗岩	片岩等の地	第三系	花崗岩	片岩等の地	第三系	花崗岩	片岩等の地	第三系

第10表  
有明・不知火海域の第四系対比表  
(有明海研究グループ 1965による)

そして Emery (1968) は とくに 大陸棚堆積物の中にこのような多くの 遺存堆積物 (relict sediments) が一般にみられることを強調している。この問題はきわめて重要である。これを無視すると 底質分布の要因を考える場合に 大きな混乱と誤まりが生じるであろう。また 化学的・生物学的な環境を論じる場合にもとりあつかっている堆積物が 厳密に現生のものでなければ 混乱を生じるであろう。一般に問題にされる遺存堆積物は 粗粒堆積物 (たとえば 過去の汀線礫) である (星野 1958)。さらに 泥質堆積物であってもその堆積時期と速度は 問題となる。たとえば 海底下の泥層が ごく最近 そこに運ばれてきたものか あるいは かなり以前から そこに定着しているものかを判定しなければ 地史を読みとることはできない。それを判定するには いろいろの材料がいる。 降下時期

が判明している火山灰層などがあれば 楽であるが 都合の良いものがなければ 新しい絶対年代測定法 (Io/Th 法) で直接 泥の年代を決める必要がある。いずれにしても 表層の堆積物を含めて その時代を明らかにして 初めて 堆積場の実状が 把握されるといえる。

この問題に関連して海底平坦面の存在とその形成に関する考察は重要である。調査海域内に関する従来の研究はない。しかし 多少はなれるが 最近詳細に第四系層序と地史が明らかにされた有明海に関するこの方面の資料は この海域における考察に対して非常に重要な示唆をあたえてくれるものである。次に若干の引用をしよう。

有明海研究グループ (1965) は 有明・不知火海域の

第11表 南部有明海における海底沖積層の層序 (松石・松本 1969)

層	序	代表的岩相	特 徴・備 考
沖積層	上部沖積層(I)	泥 層	本渡沖と大矢野島前面に分布 N値: 0~5
	上部沖積層(II)	砂 層	広く分布 貝殻まじり砂 礫まじり砂 砂層 N値: 0~15
	上部沖積層(III)	貝殻砂 礫よりなる	局所的分布—とくに湯島・黒島地区の台地状平坦面周辺部 N値: 10~40
	下部沖積層	粘土・シルト層	基礎侵蝕谷の-20~-40m水準に発達 N値: 0~10
低位面相当層 (後期洪積統)		砂 礫 層	本渡層上の侵蝕面-10~-20mおよび-20~-30mに分布 N値: 35以上
本渡層群 (初期洪積統)		砂岩 礫岩 シルト岩 凝灰岩	南部有明海の海底下に広く分布

古 第 三 紀 層

~~~~ 不整合    ——— 整合    = 断層

第四系について 次のようなことを指摘した。

- ① 海域の干潟をつくる有明粘土層は主としてシルトおよび粘土からなり 種々の化石群集から その下部は急激な海進時の堆積物 上部は比較的安定した海況下での堆積物であると言える。
- ② 有明粘土層からなる沖積デルタは 新旧2つのデルタの複合体であり 新デルタは 旧デルタを核として 湾内に生長したものである。
- ③ 周辺の洪積統は 高位・中位・低位の段丘群をつくりそれぞれに特有の火山噴出物をはさむ。
- ④ 従来 日本の沖積層は 主として ウルム極相以降の堆積物をさすことが多かったが 有明・不知火海域における ウルム極相以降の堆積物は -40m海底平坦面の形成に対応する不整合によって 大きく2分されることが明らかになり この海域の沖積層は 不整合よりも上位の堆積物 すなわち有明粘土層に限定しなければならない。

さらに 若干の補足をするならば 九州の北・中部に広範な分布をもつ 新期阿蘇溶岩と その異相である八女粘土層は 主ウルムⅠ (30,000約年前—地形で表わせば 中位段丘の下位面形成期)の噴出物である。 また -40m海底平坦面は 主ウルムⅢの末期(約10,000年前で 低位段丘下位面形成期の後)に形成された。 なお 低位段丘下位面と-40m面との間に -15~-20m面 さらに 低位段丘上位面形成期(主ウルムⅡ)に -130m面が形成されている。

有明海の沖積層について 松石・松本(1969)は 海底の砂鉄鈹床を平面的に把握するだけでなく 鈹床生成を 第四紀地史の中に位置づけるため ソノプローブ・試錐・採泥等の調査を行なった。 その結果 第10表のような 沖積層の細分層序が示された。 先の有明海研究グループの結果との比較は 行なわれていないが 多

分 松石・松本の下部沖積層と上部沖積層(Ⅲ)との間の不整合が 有明粘土層の基底にあたり 下部沖積層としたものが 島原海湾部にあたるのであろう。 なお 問題の砂鉄鈹は 松石・松本の上部沖積層(Ⅱ)におもに含まれるそうである。 このほか 松石・松本は 海底に多くの平坦面や海底谷が存在することを指摘し これらと底質との関係を論じた。 このような観点は 底質の解析にとって 不可欠のものである。

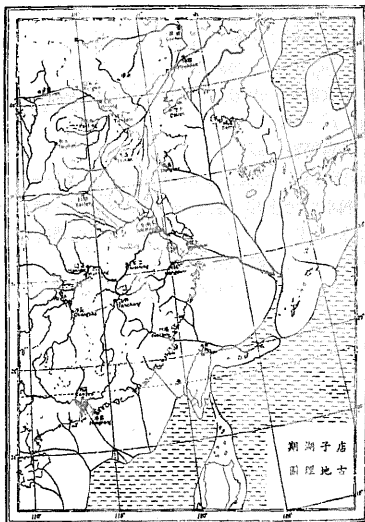
当海域の第四紀古地理に関連しては 林朝榮(1963)は第四紀初頭以降沖積世に至る間の東支那海を中心とするアジア東部の8葉の古地理図を描いている。 そのなかの叢葉を第41—43図に示す。 それぞれ ミンデル氷期(店子湖期) ミンデル・リス間氷期(台南期) ウルム後期(米峯期亜氷期)の古地理図である。 きわめて大胆に描かれたもので多くの修正を必要とすると思われるが とくに堆積物をあつかう上に一つの参考資料となるのでここに引用した。

4-4 甌島周辺海域の海底地質に関する従来知識

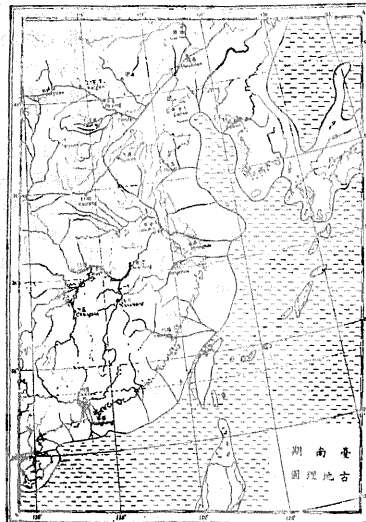
まとめ

最後に 調査海域の海底地質に関する従来得られている知識を要約すれば 次のようになる。

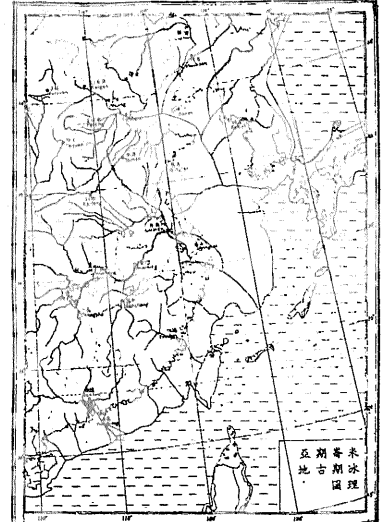
海底基盤地質 甌島・九州本土間の海域では既存資料がない。 しかし両陸域の地質構造の特徴から 仏像構造線がこの海域の東部をよこぎり その東西両側にそれぞれ秩父累帯・四万十累帯の諸層が南北に帯状分布することが予想される。 さらに八代付近の変成相を含む古生代竜峰山層群あるいは臼杵-八代線をはさんでその北側の肥後変成岩類の延長が当海域に存在するかどうか



第41図 ミンデル氷期(店子湖期)



第42図 ミンデル・リス間氷期(台南期)



第43図 ウルム後期(米峯期亜氷期)



という問題がある。それらをおおって 甌島の白亜系・古第三系の延長の存在が当然予想され また同島の中新世の花崗閃緑岩類と同種の岩体があるいは存在するかもしれない。

甌島西方で男女群島を東縁部とする大陸側大陸棚海域では 先第三紀基盤上に第三紀堆積物が横たわる。男女群島 鳥ノ島およびその付近では五島層群の延長とみられるものの存在が確実であり このことは五島-野島沈降帯のさらに南西方への延長を示唆している。

その東方の「南西九州海盆」と北方の大陸棚域に関しては断片的な資料しかない。音探記録によれば同海盆底では先第三系がつくる起伏を古第三系がうずめ さらに全体的にそれらを新第三系が最大層厚 1,000m で広くおおっているという断面が描かれている。これらと天草下島および甌島の白亜系・古第三系との分布関係 前記の五島層群相当層との層序・分布関係については明らかでない。海盆の北縁では野母半島の彼杵変成岩類の延長が確認されている。

底質 底質の粒度組成については何種類かの海図の資料のほかとくに大陸側大陸棚に詳しい資料がある。南西九州海盆では東半は泥からなるが西半には堆積物が欠け岩盤が露出するところがある。事実とすればその成因はきわめて興味深い。大陸棚はほとんど全部砂質堆積物からなるが 大陸側大陸棚の内側には泥帯が発達している。本海域西部の堆積物については砂粒組成の詳しい資料がある。

堆積物の時代性の問題は底質に関して最も基本的な問題である。大陸側大陸棚の外縁に近く分布する砂には第四紀の遺存堆積物が明らかに含まれている。ほかには資料がないが これに関連して有明海の第四系と海底平坦面の研究はよい参考資料となる。

文 献 (おもに1962年以降のもの)

有明海研究グループ (1965): 有明・不知火海の 第四系 地団研専報 no. 11 86 pp  
 Emery, K. O. (1968): Relict sediments on continental shelves of the world. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 52, p. 445-464.  
 Emery, K. O. et al (1969): Geological structure and some

water characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea. *E. C. A. F. E., C. C. O. P. Tech. Bull.*, vol. 2, p. 3-43.  
 橋本勇 (1962): 鹿児島県北薩地方の時代未詳層群の層序と構造. 九州大学教養部地学研究報告. no. 8 p. 47-62.  
 日隈四郎 (1962): 高島地区に於ける白亜紀層について 九州炭鉱技術会誌 vol. 16 no. 12 p. 436-442.  
 広川治・水野篤行 (1962): 5万分の1 地質図幅 同説明書 肥前高島付野母崎 33 pp. 地調.  
 星野通平 (1958): 日本近海大陸棚上の堆積物について 地団研専報 no. 7 41 pp.  
 松井和典・今井功・片田正人 (1961): 五島列島中通島および相ノ島で見出された変成岩類 (予報) 地調月報 no. 7 p. 35-40.  
 松井和典 (1969): 五島列島南西の鳥ノ島にみられる花崗質岩類 地質雑 vol. 75 no. 12 p. 631-632.  
 松石秀之・松本達郎 (1969): 南部有明海の海底沖積層—有明海の海底沖積層〔その2〕—九州大学理学部研究報告〔地質〕 vol. 10 no. 2 p. 91-121.  
 松本達郎・高橋清 (1968): 長崎県福江市男女群島熔結凝灰岩 地質雑 vol. 74 no. 8 p. 439-446.  
 松本達郎・野田光雄・宮久三千年 (1962): 日本地方地質誌 九州地方 423 pp. 朝倉書店.  
 Miller, J. A., Shibata, K. and Kawachi, Y. (1962): Potassium-argon ages of granitic rocks from the Outer Zone of Kyushu, Japan. 地調月報. vol. 13, no. 8, 712-714  
 長浜春夫・水野篤行 (1965): 五島列島奈留島産の中新世淡水棲貝化石群および関連する若干の問題 地質雑 vol. 71 no. 836 p. 228-236.  
 中山勇・井本伸広 (1969): Cu, Mn 鉱床からみた本州地向斜の分化について —近畿以西の西南日本について— 地球科学 vol. 23 no. 2 p. 80-86.  
 奈須紀幸ほか (1969): 長崎県五島—男女群島周辺海域調査報告書 4 pp. 長崎県商工部資源調査室.  
 Niino, H. (1968): A study on the marine geology around Danjo Islands in the East China Sea and Mishima Island in the east part of the Korea Strait. *E. C. A. F. E., C. C. O. P. Tech. Bull.*, vol. 1 p. 87-93.  
 林朝榮 (1963): 臺灣之第四紀 臺灣省文獻委員會「臺灣文獻」 vol. 14 nos. 1, 2 p. 1-92.  
 高井保明・坊城俊厚 (1963): 天草下島東部の地質 地調月報 vol. 14 no. 3 p. 249-255.  
 鳥山武雄 (1937): 男女群島の地形及び地質 *Biogeographica*, vol. 2 no. 1 p. 16-18.  
 植田芳郎 (1961): 五島層群の研究 九州大学理学部研究報告〔地質〕 vol. 5 no. 2 p. 51-61.  
 山本博達 (1953): 熊本県肥後片麻岩地域の変成地質—特に富田氏の「ジルコン法」について 九州大学理学部研究報告〔地質〕 vol. 4 no. 2 p. 81-93.  
 (文責 中尾征三・水野篤行)