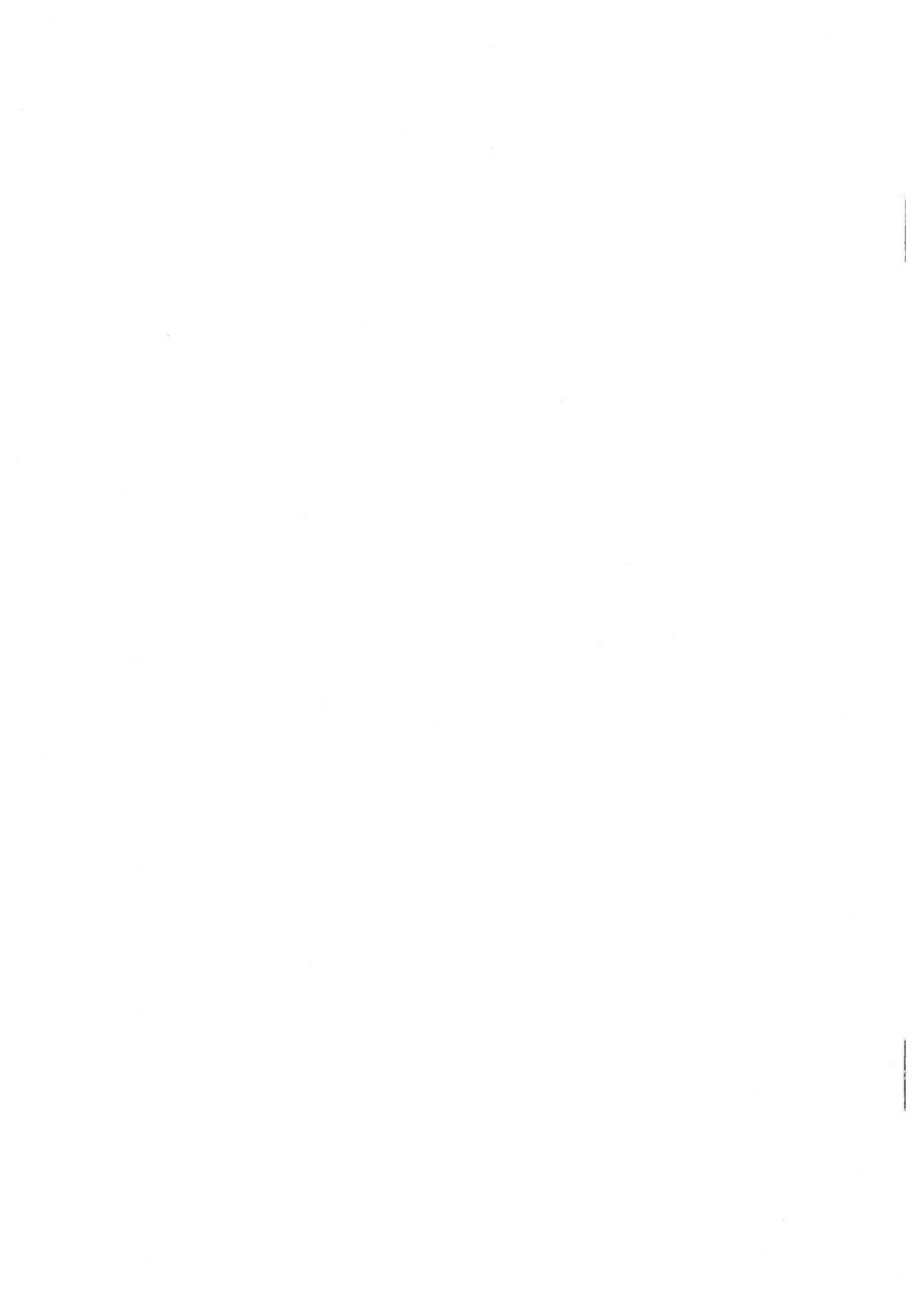


地質調査所報告 第245号

北西九州, 唐津炭田の
古第三系杵島層の岩相変化
と化石群集からみた堆積環境

地質調査所

昭和47年12月



551.781.5:564:553.94(522.3)

地質調査所報告

所長 小林 勇

北西九州, 唐津炭田の
古第三系杵島層の岩相変化
と化石群集からみた堆積環境

井上英二

目 次

要 旨	1
I. 緒 言	2
II. 杵島層の層序的背景	2
II. 1 唐津炭田古第三系層序の概要	2
II. 1. 1 相知層群	2
II. 1. 2 杵島層群	5
II. 2 相知・杵島両層群の関係	8
II. 2. 1 芳ノ谷・杵島両層境界付近の露頭観察	8
II. 2. 2 芳ノ谷層上部・杵島層および佐里砂岩層の層厚変化の傾向	8
II. 2. 3 考 察	12
III. 杵島層露出地域の区分	14
IV. 杵島層の岩相変化	14
IV. 1 杵島層の定義と岩相区分	14
IV. 2 部 層 各 論	15
IV. 2. 1 A 層	15
IV. 2. 2 B 層	16
IV. 2. 3 C 層	21
IV. 2. 4 D 層	21
IV. 3 岩相と層厚の関係について	23
V. 杵島層の化石群集	25
V. 1 概 要	25
V. 2 化石採取の方法	27
V. 3 化石の産状	27
V. 3. 1 地層における化石分布の粗密	27
V. 3. 2 化石の産状型	31
V. 3. 3 化石個体の保存状態	32
V. 3. 4 化石の原地堆積と異地堆積について	33
V. 4 化石群の構成	33
V. 4. 1 散在型産状の化石群集	34
V. 4. 2 密集型産状の化石群集	39
V. 5 化石群の層序的・地域的分布	40
V. 5. 1 層 序 的 分 布	40

V. 5. 2 地域的分布	43
V. 5. 3 化石相と岩相区分の関係	43
V. 6 化石群の特性曲線	48
V. 6. 1 特性曲線の応用について	48
V. 6. 2 特性曲線の根拠としての現生貝類の分布	50
V. 6. 3 化石群の特性曲線の傾向	51
V. 6. 4 特性曲線が示す化石群の水平・垂直分布の要約	54
V. 6. 5 特性曲線からみた杵島層内の化石群分布の偏在についての解釈	55
VI. 杵島層の堆積についての考察	56
VI. 1 堆積盆地の概要	56
VI. 2 A層の堆積	57
VI. 3 B層の堆積	58
VI. 4 C層の堆積	60
VI. 5 D層の堆積	60
VI. 6 堆積環境のまとめ	62
VII. 要約	63
VIII. 結語	64
IX. 謝辞	64
参考文献	65
Abstract	

北西九州，唐津炭田の古第三系杵島層の岩相変化と 化石群集からみた堆積環境

井上英二*

要 旨

杵島層は，唐津炭田の上部漸新世杵島層群の基底部を構成する地層で，芦屋海進初期の堆積層とされている。しかし，杵島層は，分布・岩相・化石群集からみて，同層群佐里砂岩層以上の地層とはかなり異なった特徴を有している。また杵島層は，北西九州諸炭田を形成する夾炭層と，海成杵島層群をつなぐ層準にあり，北西九州諸炭田の堆積盆地の変遷を理解するうえに重要な層位的位置を占めている。本研究は，杵島層の岩相・層厚変化の状況および化石群集の地層内における分布を詳細に調査して，同層の堆積盆地の変遷および堆積状況を明らかにすることを目的とした。

杵島層と下位の芳ノ谷層との間の境界関係は両層の層厚変化の傾向から判断して，炭田北部に局部的不整合の可能性はあるが，炭田全域にわたる大規模な不整合はないと推定される。むしろ，層厚・岩相変化の傾向および化石群集の内容は，杵島層と，その上位の佐里砂岩層以上の地層との間に大きな差がある。

杵島層の動物化石群集は，構成上，13化石群に識別される。各化石群は，杵島層内において，層序的・地域的に偏在して分布する。この偏在の要因は，主として同層の時間的・空間的な環境の差にあると考えられる。現生貝類の水平・垂直分布との類推から，伊田(1956)・生越(1961～1968)の特性曲線の方法を用いて，化石群の生態的水平・垂直分布をしらべた結果，*Ostrea* 群と他の化石群との間，*Cardium* 群と *Nucula* 群との間にかなり明瞭な差が認められた。

杵島層の岩相・層厚変化および化石群の水平・垂直分布からみて，杵島層は，海湾状の盆地に堆積した瀕海成～浅海成堆積層といえる。同層の堆積環境の推移は，芳ノ谷層の淡水性ないし汽水性環境から，杵島層A層の瀕海性環境に漸移し，ついでB層からD層下部にかけての浅海性環境となり，杵島層堆積末期にふたたび瀕海性環境となって，上位の佐里砂岩層の堆積につながる。

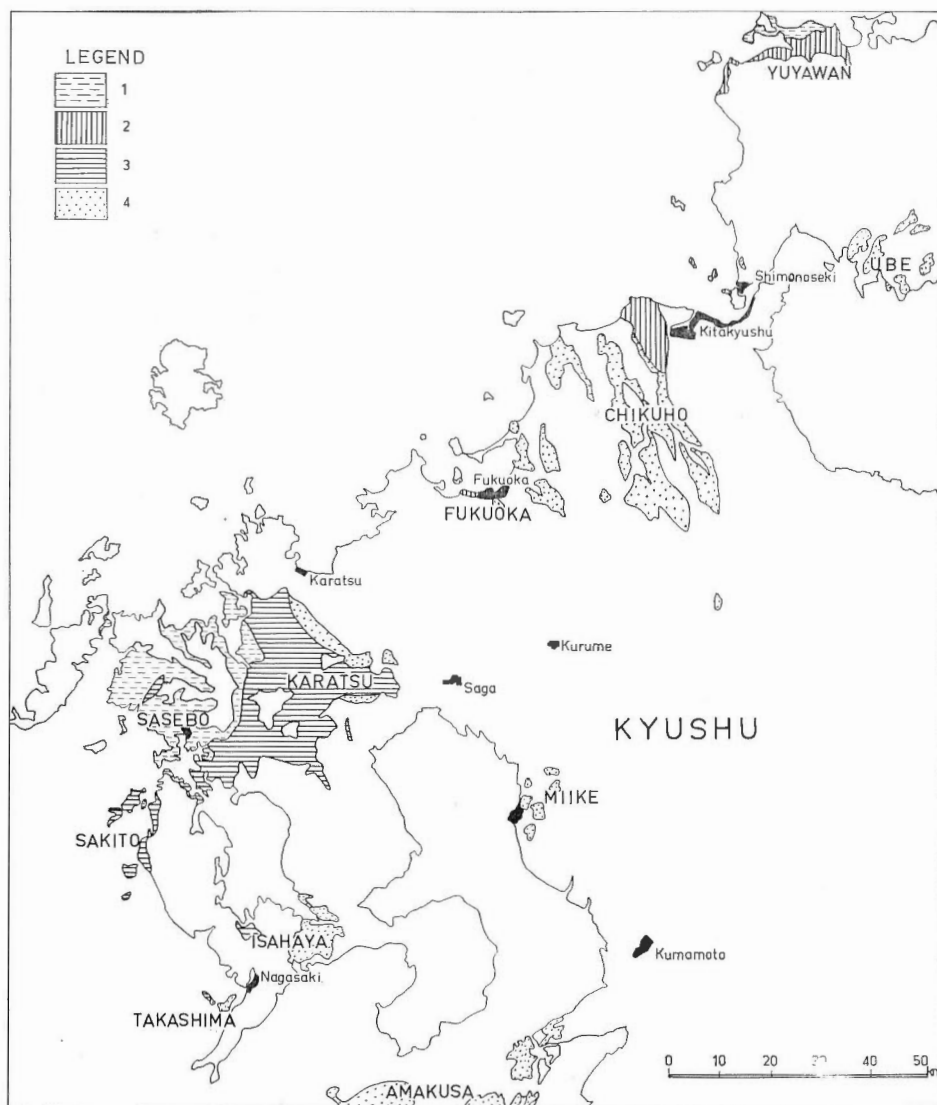
杵島層の堆積をつうじて，堆積盆地縁辺部にあたる北部と，北部の古海岸線から遠距離にあたる南部においてむしろ水深が小さく，盆地中心部にあたる西部，および東部において水深が比較的大であったと解釈される。このように，杵島層の堆積盆地は，時代的にみて小さな動揺をくりかえし，地形的にも盆地内でかなりの起伏があって，これに対応した岩相と化石群集が形成されたと考えられる。

* 地 質 部

緑暗灰色頁岩と青灰色砂岩の互層である。上部は松下の矢代層にあたり、塊状の中粒～粗粒白色砂岩と、堅硬な緑色粗粒砂岩とからなり、細礫岩および砂質泥岩をはさむ。

蔽木層の層厚は、炭田北部で100～300m、炭田南部で600m以上に達する。

蔽木層上部の砂岩には、海棲貝化石が多産する層準があって、これは長尾の *Lower Pecten sakitoensis* 帯に相当する。量的に多産する化石種は、*Turritella karatsuensis*, *Volutospina japonica*, *Chlamys sakitoensis*, *Ostrea sakitoensis*, *Crassatellites matsuraensis*, *Cardium kishimaense* などであり、これらは、いずれも杵島層に多産する化石種である。



第1図 西日本第三系諸炭田における芦屋層群相当層の分布

1. 中新統；2. 芦屋層群；3. 杵島層群；4. 先芦屋層群

Figure 1 Distribution of Ashiya group equivalents of Tertiary coalfields of north and northwest Kyushu

1. Miocene strata; 2. Ashiya group not containing Kishima formation; 3. Ashiya (Kishima) group containing Kishima formation; 4. coal-bearing strata of pre-Ashiya group

芳ノ谷層は本炭田の主要夾炭層であり、下位から岩屋三尺系列・杵島三尺系列・杵島五尺系列の稼行炭層のほか、多数の炭層を夾在する。岩相は主として白色アルコーズ質砂岩と暗灰色頁岩の互層からなり、数層準に凝灰岩の薄層をはさんでいる。山崎達雄・松本征夫・森永陽一郎(1960)は、炭層と凝灰岩を基準にして、本層を上・中・下の3部層に区分した。下部は白色細粒砂岩と灰黒色頁岩の互層で、岩屋三尺系列の炭層をはさみ、基底部に竹有凝灰岩を夾在する。

中部は、主として造崖性の塊状・細粒～中粒・白色アルコーズ質砂岩からなり、杵島三尺系列、上限に杵島五尺系列の炭層を夾在する。

上部は、塊状白色・中粒～粗粒・アルコーズ質砂岩を主とし、暗灰色砂質頁岩と薄炭層を夾在している。炭田西部と南部では、上部の砂岩は淘汰不良となり、杵島層基底礫岩に漸移する。最上部の砂岩には、ところにより砂管が発達し、また緑色鉱物が含まれている。芳ノ谷層の層厚は150～300mであり、南にむかって増大する。

芳ノ谷層の植物化石は、杵島五尺系列の層準から *Sabalites nipponicus*, *Nelumbo nipponicus* などが産している。動物化石は *Corbicula mirabilis*, *Lanceolaria* などの淡水性ないし汽水性のものが多いが、本層の下部および上部に、*Venericardia*, *Cardium*, *Pitar* などの産出が報告されている(山崎・松本・森永、木原敏夫1955)。このように芳ノ谷層は、主として淡水成ないし汽水成の堆積物であるが、堆積を通じて、幾度か小規模な海侵があったことが認められる。

II. 1. 2 杵島層群

杵島層群(第2図)は、相知層群の上位にあつて、層厚700mから1000mに達する海成堆積層である。本層群の岩相・層厚は、基盤岩露出地付近の炭田北部から、炭田南部にかけて大きく変化するので、これまで多くの研究者によって、地域別に地層区分が行なわれてきた。これらの地層区分のなかで主たる区分の対比を第2表に示す。杵島層群は、炭田北部および東部を基準にすると、岩相から杵島層・佐里砂岩層・行合野砂岩層・駒鳴砂岩層・畑津砂岩層・畑津頁岩層の以上6層に区分される。

杵島層は、杵島層群の基底部を占め、暗灰色砂質泥岩・泥岩・砂岩の互層である。下限には基底礫岩が存在して、下位の芳ノ谷層から境され、上限は佐里砂岩層の基底礫岩で覆われる。層厚は60～280mである。全層にわたって、海棲動物化石を多産する。本層については、後に詳述する。

佐里砂岩層は、炭田中部以南の地域では黒川砂岩層・曲川層と称され、また北部では稗田層ともよばれる。基底礫岩にはじまり、緑色鉱物に富む暗緑色細粒～中粒砂岩・青灰色中粒砂岩を主とし、上部に頁岩を夾在する。北部では、砂岩が粗粒化し、頁岩のはさみが減少して、上位の行合野砂岩層との境界が判然としない。

南部では、本砂岩層の上部は暗灰色頁岩で占められており、この岩相部分は木原頁岩層あるいは仏ノ原凝灰岩層と称されている。

佐里砂岩層上部から行合野砂岩層下部にかけて、凝灰質頁岩ないし層灰岩の薄層がひんばんに介在する“骨石帯”が存在する。骨石帯は、炭田北部では砂岩中に、南部では頁岩中に出現し、炭田全域はもちろん、隣接諸炭田にも追跡されるので、地層対比上、重要な指準層となっている。

層厚は80～200mで、南部に厚くなる。

長尾の *Crassatellites yabei* 帯に属する海棲貝化石が、本砂岩層の下部に多産する。

行合野砂岩層は、北部ではきわめて塊状の青灰色細粒～中粒砂岩から構成される。本砂岩層は、南部および西部で蔵宿砂岩層あるいは三河内層と称され、下部の岩相が若干泥質化する。層厚は100～200mである。

動物化石の産出は稀である。

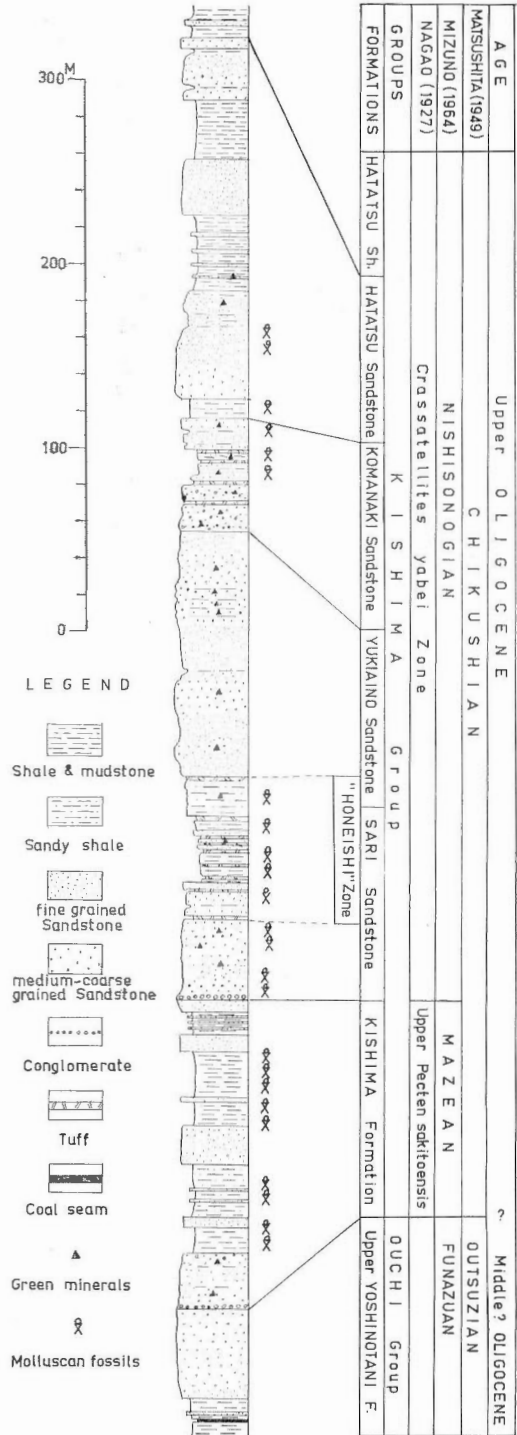
駒鳴砂岩層は、長尾(1926)の行合野砂岩層の上部に相当するが、豊富に緑色鉱物を含む暗緑色の細礫岩ないし粗粒砂岩と、これに伴った凝灰岩層—志気骨石とによって、松下(1949)により行合野砂岩層から区別された。本砂岩層は北部で最も発達するが、南西部にむかって急激に薄化し、新定砂質頁岩層・新行江砂質凝灰岩層などと称される泥質岩層に漸移している。しかし、この泥質岩層も、緑色鉱物に富む砂岩の薄層および“志気骨石”の存在など、北部の駒鳴砂岩層の特色を残存している。

層厚は北部の100mから、南西部にむかって尖滅する。

海棲貝化石 *Chlamys ashiyaensis*, *Glycymeris* sp. などが礫質部に局部的に多産する。

知津砂岩層は、暗青色ないし青灰色細粒～中粒砂岩から主として構成され、暗灰色頁岩を挟む。砂岩は風化して顕著な玉ネギ状構造を呈する。炭田南西部にむかって、頁岩が増大するとともに、凝灰岩の薄層が介在している。この層準は南西部において、鳥越凝灰質岩層あるいは宮崎砂岩凝灰岩互層と呼称されている。また同地域で、上記凝灰質岩層の下位の砂岩は広田砂岩層とよばれる。層厚は100～200mである。動物化石の産出は一般に少なく、*Yoldia*, *Acila*, *Chlamys*, *Venericardia* などが産している。

知津頁岩層は、杵島層群の最上部を占め、厚層の暗灰色頁岩と灰白色細粒砂岩の互層か



第2図 川古付近における杵島層群模式柱状図
Figure 2 Typical stratigraphic succession of Kishima group at Kawago in Karatsu coalfield

第2表 杵島層群層序對比表

Table 2 Stratigraphic terminology used for Kishima group in Karatsu coalfield

Nagao, T. (1928)	Matsushita, H. (1949)	Yamazaki, T. & Morinaga (1954)	Takahashi, R. et al. (1955)	Noda, M. & Su-jyaku, T. (1955)	Imai, I. et al. (1955)	Inoue, E. (1958)	Mizuno, A. (1964)
Ashiya Group	Hatatsu shale	Hatatsu shale	Daitou formation	Daitou formation	Hatatsu shale	undivided	Karatsu formation
	Hatatsu sandstone	Hatatsu sandstone	Haiki formation	Haiki formation	Hatatsu sandstone		
Ashiya Group	Yukiaino sandstone	Yukiaino sandstone	Mikawachi formation	Arita formation	Komanaki ss.	Komanaki m.	Kishima Group
	Sari sandstone	Sari sandstone	Magarikawa formation	Sari formation	Yukiaino sandstone	Zoushuku member	
	Kishima formation	Kishima formation	Kishima formation	Sari formation	Sari sandstone	Kihara m.	
Ashiya Group	Yunokibaru formation	Ashiya Group	Daitou formation	Daitou formation	Kishima Group	Kishima Group	Kishima formation
	Wakegi formation						
Ashiya Group	Komanaki f.	Ashiya Group	Mikawachi formation	Arita formation	Kishima Group	Kishima Group	Kishima formation
	Hieda formation						
Ashiya Group	Oukawano formation	Ashiya Group	Magarikawa formation	Sari formation	Kishima Group	Kishima Group	Kishima formation
	Jyouno formation						

らなり、層準によって細礫岩を挟むフリッソンの地層である。砂岩は薄板状に剝離し、層理面に雲母片・炭質物を含み、偽層理・漣痕その他の堆積構造を有する。本頁岩層は、炭田南西部において大塔層と称されており、さらに3~4部層に細分されている。

層厚は200~350mである。

II. 2 相知・杵島両層群の関係

相知・杵島両層群の境界関係、すなわち芳ノ谷層と杵島層との間の整合・不整合問題は、かつて、九州新・古第三系の境界問題に関連して論じられてきた。松下久道・高橋良平・小原浄之介・岩橋徹・井上英二(1956c)、今井功・沢村孝之助・吉田尚(1958)は、両層群の関係を整合とみてきたが、斎藤林次(1955, 1963)、木原敏夫(1955, 1956)は炭田全域にわたる大規模な不整合を多数の試錐資料から推定し、また山崎(1953, 1954)、山崎・松本・森永(1960)は、炭田北部における芳ノ谷層上部の欠除から、この地域における両層群間に不整合を主張している。

不整合説の重要な地質学的根拠のひとつとして、芳ノ谷層上部の砂岩の近距離間における層厚の急激な変化があげられるが、こういった変化が、芳ノ谷層上部の削剝によるものか、あるいは単に堆積量の差に由来するものかを検討する必要があると思われる。これに関して、さきに筆者(1965)は大規模な不整合説に疑問を投じたが、あらためて筆者の調査結果から得た私見を述べたい。

II. 2. 1 芳ノ谷・杵島両層境界付近の露頭観察

炭田全般にわたる野外での露頭観察によると、1露頭でみるかぎり、両層間の境界をはさんで上下の岩相は、きわめて漸移的である。炭田全域に連続する杵島層基底礫岩の下面には、不整合を暗示するような起伏は認められない。礫の種類は主として酸性火山岩・石英・チャート・ホルンフェルスおよび安山岩などであって、芳ノ谷層の削剝の直接の証拠となる砂岩・頁岩あるいは石炭などの礫は発見されない。礫は、一般に径数cmから10cm前後であり、概してよく円磨されている。このような露頭における観察は、炭田全域を通じてほぼ同様である。とくに川古付近では、芳ノ谷層最上部の砂岩は、緑色鉱物や瀕海棲ないし浅海棲貝化石を産し、岩質・岩相とも杵島層下部(A層、後述)の砂岩と区別できないほど、両層の関係は漸移している。木原(1955)が、川古層を芳ノ谷層の海成同時異相として提唱したのも、こうした事実を認めた結果と思われる。

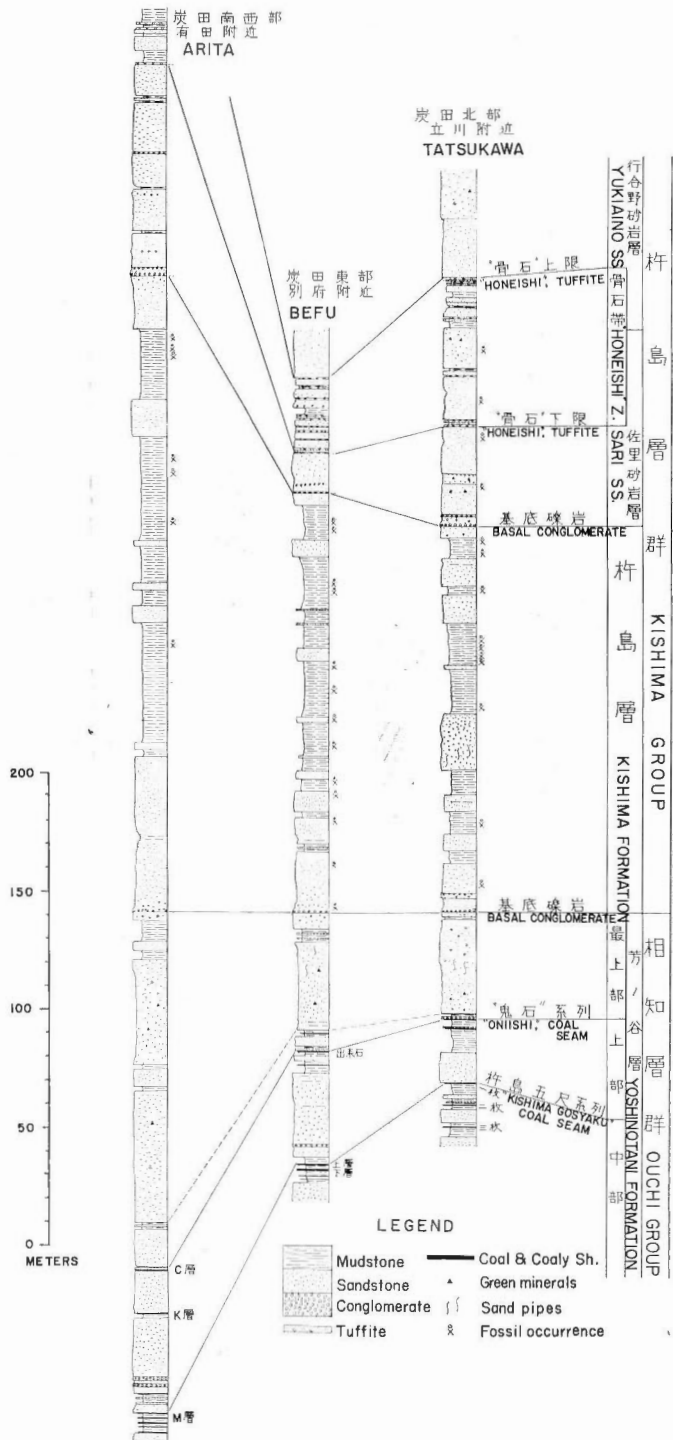
また、南部および西部の武雄・嬉野・有田付近では、芳ノ谷・杵島両層間の岩相の漸移状況はさらにいちじるしくなっており、礫岩の分岐と細礫化が認められ、芳ノ谷層上部砂岩中にも礫が散在している。

以上のように、1露頭でみるかぎり、両層間の岩相の漸移状態は明瞭であるが、一方、炭田北部の佐里付近では、杵島層の基底礫岩に接する芳ノ谷層最上部の岩相が近距離間で異なっているのが観察される。この事実をもって不整合の証拠とすることはできないが、炭田北部における山崎等の不整合説を裏づける1資料にはなりうるかもしれない。

II. 2. 2 芳ノ谷層上部・杵島層および佐里砂岩層の層厚変化の傾向

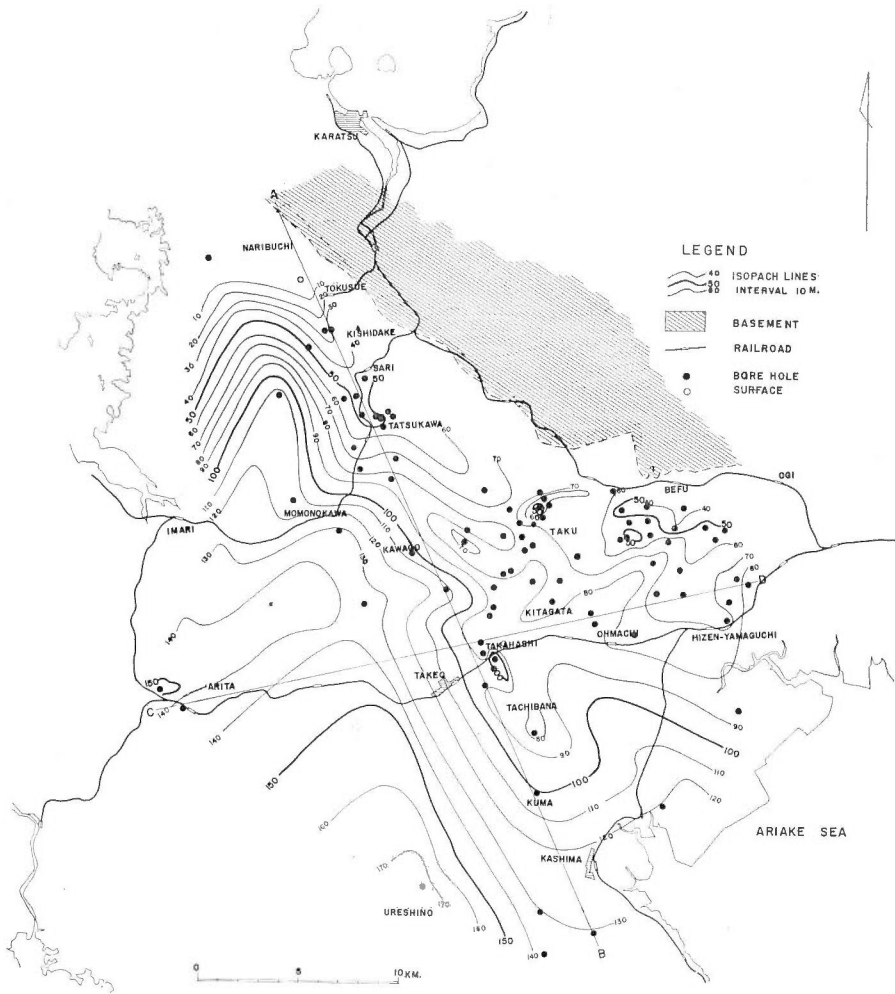
芳ノ谷層上部の層厚変化が、杵島層堆積前における陸化・削剝作用の結果であるか、あるいは単に堆

積量の差にすぎないかを判断するため、多数の試錐資料および地表の資料から、芳ノ谷層最上部・杵島層および佐里砂岩層の等層厚線図を作成して相互に比較した。層厚測定の基本平面は、第3図に示されるように、鬼石系列の炭層の上限、杵島層基底礫岩の下限、佐里砂岩層基底礫岩の下限および骨石帯の上限であり、これらは、炭田全域にわたって追跡できる同時面とみなされる。



第3図 等層厚線図の基本平面
Figure 3 Marker beds for isopach maps

第4図は、芳ノ谷層最上部の層厚変化をあらわした図であるが、徳須恵—武雄東方—鹿島をむすぶ北北西—南南東方向の地帯、および立川—多久—別府にかけて、ほぼ東西に走る地帯に、それぞれ薄層帯が存在する。前者の薄層帯の西側は厚層化している。

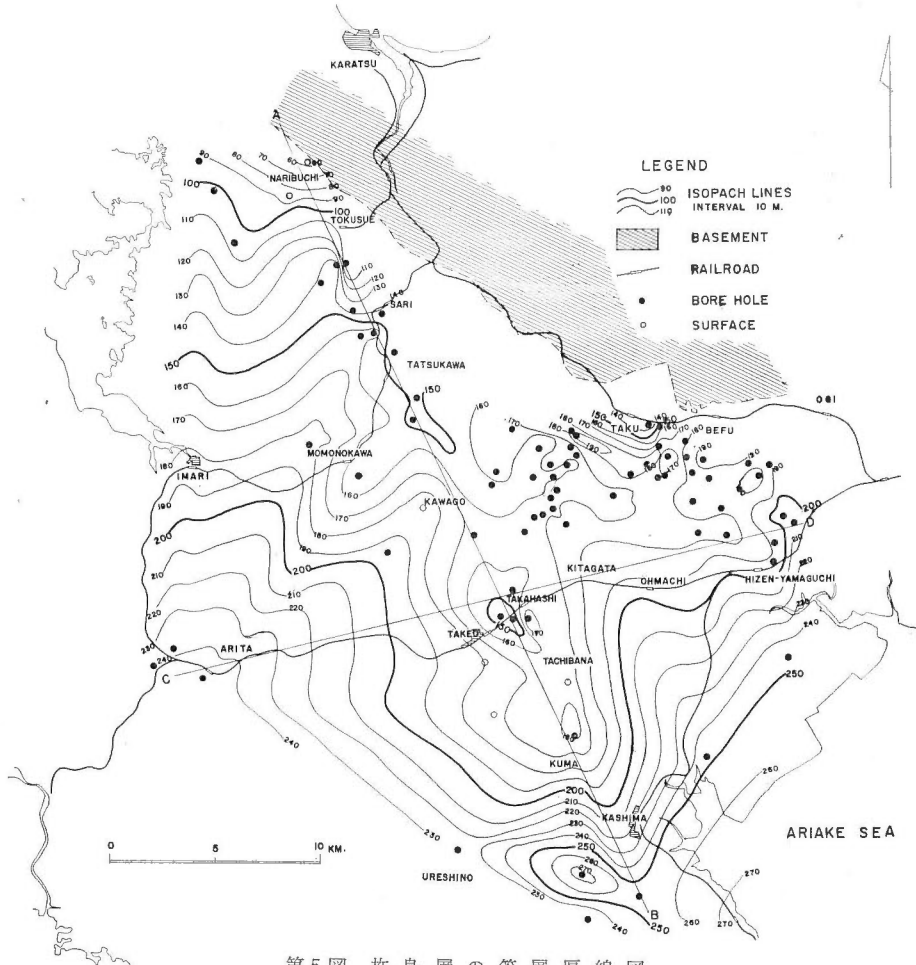


第4図 芳ノ谷層最上部の等層厚線図

Figure 4 Isopach map of uppermost part of Yoshinotani formation, showing a thinner zone running NW-SE across west of Takeg

第5図は杵島層の等層厚線図であるが、佐里—立川—久間—鹿島をむすぶ線に1薄層帯、立川—多久および多久—別府(古賀山)に他の薄層帯が認められる。第4図・第5図を相互に比較するとき、両者間には大きな類似点が存在する。すなわち、第4図の芳ノ谷層最上部の薄層帯とはほぼ同じ位置に、杵島層の薄層帯が存在すること、東部の多久付近で、局所的な層厚変化がみられること、炭田の東端部・南東部・南西部で厚層化していること、などが両者の共通点である。

相違点としては、東部における薄層帯の位置が兩層間で幾分ズレていること、徳須恵—立川—武雄東方—久間の薄層帯の西側の層厚変化の度合いが、兩層間で若干異なること、および杵島層には、鹿島の南西方に局部的な厚層部が存在していること、などがあげられる。しかし、全般的にみて、芳ノ谷層最上部と杵島層との層厚変化の傾向は、ほぼ似た様相を示すといえる。

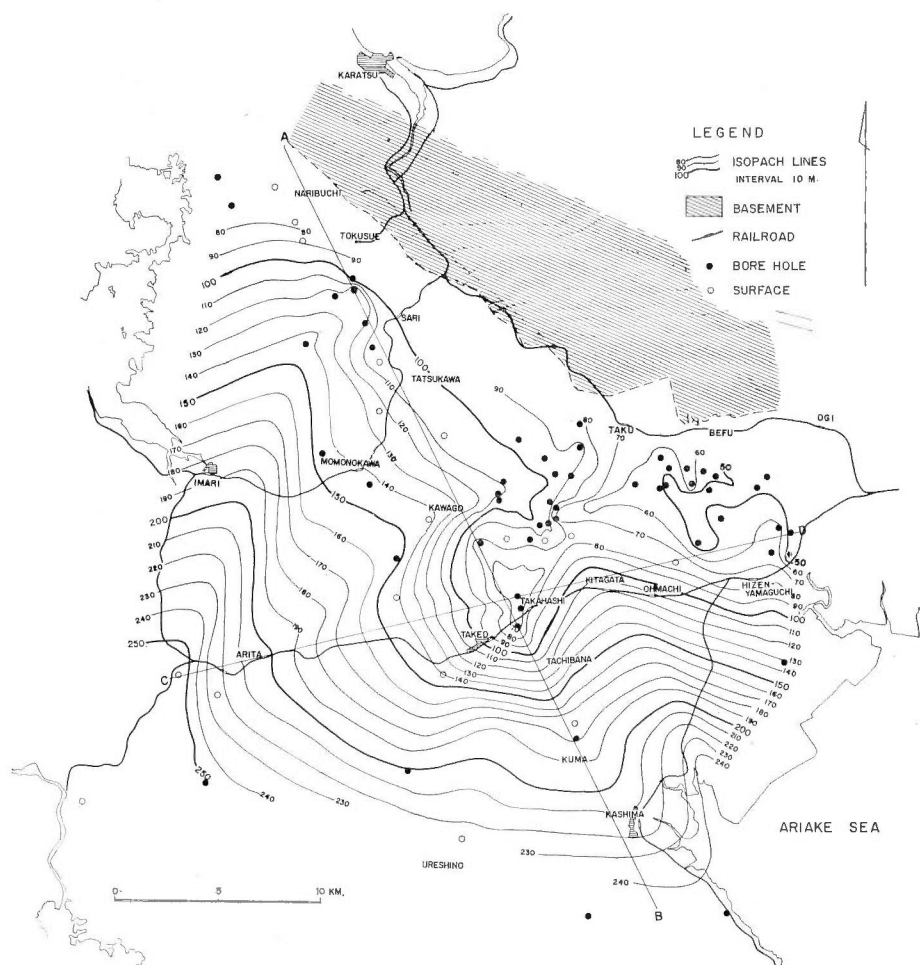


第5図 杵島層の等層厚線図

Figure 5 Isopach map of Kishima formation, showing a thinner zone running NW-SE across Takeo

第6図は、佐里砂岩基底から骨石帯上限までの層厚変化をえがいたものである。同図で、薄層帯は肥前山口から、西方の高橋にかけて東西に走り、南東・南・西にむかって急激に層厚が増大し、杵島層まで存在した北北西—南南東方向の薄層帯が消失していることがわかる。

以上の変化をとおしてみると、芳ノ谷層最上部と杵島層の層厚変化の傾向はたがいに近似的であり、一方、佐里砂岩層から骨石帯にかけての層厚変化の傾向とは異なることがうかがえる。



第6図 佐里砂岩層基底から骨石帯上限までの等層厚線図
 Figure 6 Isopach map of Sari Sandstone (between base of Sandstone and upper limit of Honeishi zone), showing disappearance of thinner zones of Yoshinotani and Kishima formations and regular thickening of strata southwards

II. 2. 3 考 察

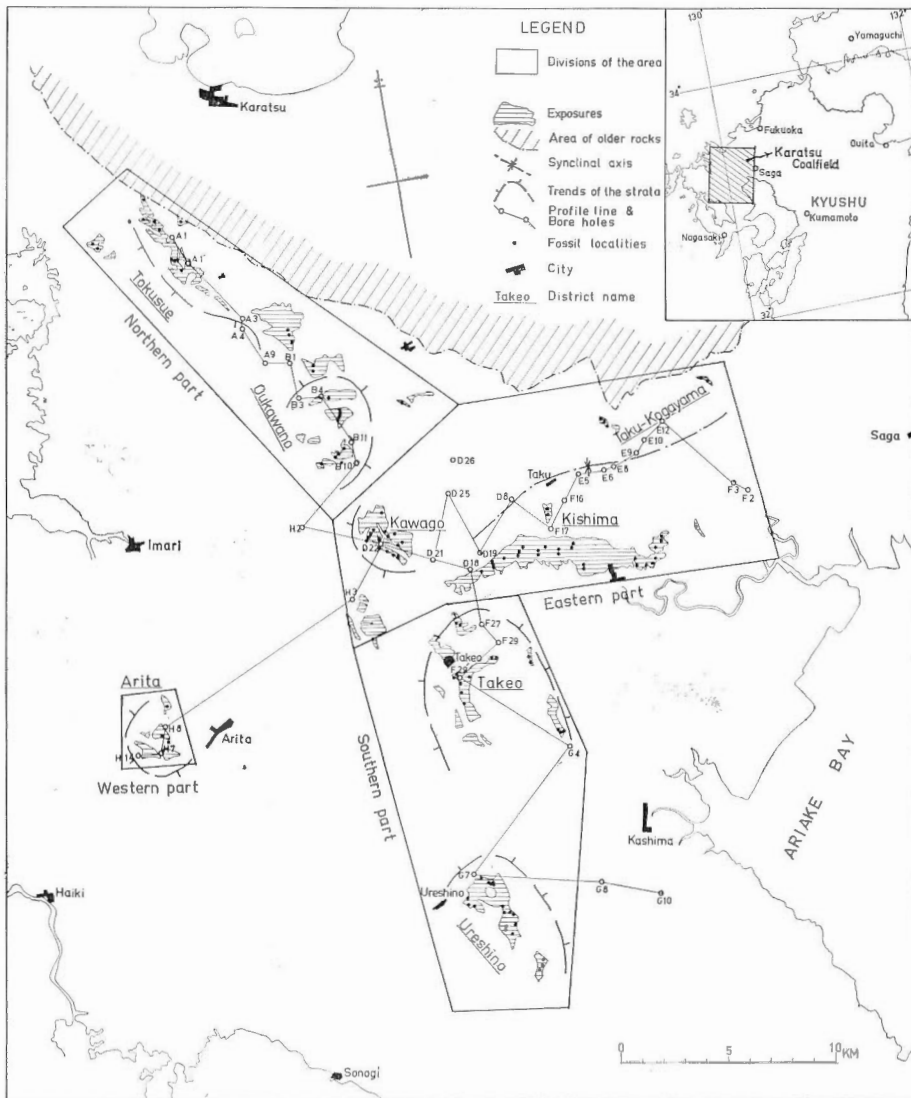
地層の地域的な層厚変化は、1) 堆積後の削剝作用、2) 堆積量の地域的な差、に由来すると考えられる。堆積量の地域的な差は、堆積供給量の地域的な増減にもよるが、堆積盆地の差別的沈降に密接な関係があると思われる。

炭田北部で不整合の報告があることからみて、芳ノ谷層最上部の厚薄が、1) の削剝作用の結果と考えるのは可能であろう。しかし同時に、唐津炭田の大部分の地域で、両層の境界が整合的・漸移的に観察されること、杵高層の層厚変化が、芳ノ谷層最上部のそれに近似的な傾向を示すことからみて、芳ノ谷層最上部の層厚変化が、堆積量の差に由来するとも解釈できる。

一方、炭田北部では、山崎等(1960)により、不整合の証拠が報告されており、筆者も同地域での不整合を示すかも知れない事実を観察したことはさきに述べた。しかし、これをもって、炭田全域にわたる

大きな不整合を認める根拠とはならないと思われる。筆者は、芳ノ谷層から杵島層にかけての岩相の漸移性と、両層の層厚変化の傾向の類似性からみて、両層間、すなわち相知・杵島両層群の関係は、大きくみて整合であり、かりに不整合は存在しても、それは当時の盆地縁辺部にあたる北部に限定されるのではないかと考えている注1)。

さらに、層厚変化の傾向の推移からみて、芳ノ谷・杵島両層間よりも、杵島・佐里砂岩両層間のほうが、堆積盆地の動きの上で大きな変化があったのではないかと考えられる。



第7図 杵島層の露出と研究地域の区分

Figure 7 Index map illustrating exposures of Kishima formation and subdivision of area studied

注1) 水野(1962)は、西九州第三系の古生物年代学的研究から、芳ノ谷層に相当する崎戸層と、杵島層に対比される間瀬層との間には、かりに不整合があったとしても、それほど大きな時間的間隙があるとは考えられないとしている。

Ⅲ. 杵島層露出地域の区分

杵島層の露出地域（第7図）は、南北にのびた一帯・東部および西部の狭小な地域に分布している。各露出地域は、大断層または向斜構造のため、たがいにへだてられている。露出地域の分布は、炭田の地質構造に支配されており、露出地域の多くは、各ドーム構造の中心部か翼部に位置している。

杵島層の説明にあたって、杵島層の露出地域を、北部・東部・南部・西部の4地域に大別し、さらに各地域を徳須恵・大川野両地区（北部地域）、川古・杵島・多久一古賀山の3地区（東部地域）、武雄・嬉野両地区（南部地域）および有田地区（西部地域）、以上の各地区に細分した。

北部は堆積盆地の縁辺部にあたり、地層が薄い。徳須恵地区では、地層は北西方向に走り、南西方向に10°前後で傾斜している。大川野地区では、地層はドーム構造を形成し、翼部の傾斜は一般に20°以下である。

東部は、堆積盆地の縁辺部から中心部にかけての漸移部を占め、もっとも典型的な杵島層の岩相を示し、層厚もほぼ平均的な地域であって、杵島層の模式地とされている。川古地区は同地域の西部に位置し、翼部の傾斜が20°以下の川古ドーム構造を呈している。川古地区は北東性の大断層によって、杵島・多久一古賀山両地区から区別される。杵島地区は、多久市街付近を東北東方向に走る褶曲軸をもつ向斜構造の南翼を構成する。地層は北に10°で傾斜する。多久一古賀山地区は同向斜構造の北翼にあたっている。

南部は、堆積盆地の中心部に近い位置を占め、地層が厚層化する地域である。武雄地区は、千尺断層とよばれる東西性大断層によって、杵島地区からへだてられている。武雄地区を構成する地質構造は、南北方向の長軸をもつドーム構造であり、その翼部における地層の傾斜は40°以上である。嬉野地区もまた、南北方向の長軸を有するドーム構造によって支配され、同構造の翼部の傾斜は一般に20~40°である。武雄・嬉野両地区は、安山岩の貫入体によって、たがいにへだてられている。

西部は、杵島層群の堆積盆地のほぼ中心部にあたり、地層が厚層化し、岩相の垂直方向の変化が増大する地域である。杵島層が露出するのは有田付近であり、ここでは杵島層の上部から中部にかけての地層が、ドーム構造の中心部を構成している。地層の傾斜は、一般に10~15°でいどである。

以上の地域を通じて、断層がきわめて発達しており、なかでも北西-南東方向の断層が卓越し、これを切断して東西性断層が発達する。これらの断層の多くが正断層である。

Ⅳ. 杵島層の岩相変化

Ⅳ. 1 杵島層の定義と岩相区分

杵島層は、杵島層群の基底部を構成する海成層で、その層序的範囲は、下限の基底礫岩から、佐里砂岩層基底礫岩の下底までのあいだである。この層序的範囲の定義は山崎(1953)によってなされ、隣接諸

炭田間の地層対比ならびに堆積状況の変化を知るうえに重要である注2)。

上記の2礫岩層にはさまれたあいだの岩相は、いわゆるアルコーズ質砂岩・グレイワック質砂岩・砂質泥岩・泥岩の互層からなり、層厚は北部の60mから、南部の最大275mまで大きく変化する。杵島層には、瀬海棲ないし海棲動物化石が豊富に産する。

岩相による杵島層内部の区分は、これまで、松下(1949)および筆者(1958)をのぞいて他に、ほとんど行なわれなかった注3)。両者は、杵島層を上下に2分し、下部を城野層(または城野砂岩層)、上部を大川野層(または大川野頁岩層)とした。この区分は、野外調査で地層の追跡を行なううえには有効であるが、さらに詳細な地層の追跡、化石産出層準の決定、岩相変化の実態の把握を行なうには不十分である。

その後の野外調査ならびに多数の試錐資料による杵島層内部の地層対比の結果、山崎(1953)が杵島地区で行なった分層のように、杵島層は、岩相によって、さらにこまかく区分できることが判明した。すなわち、下位からA層—いわゆるアルコーズ質砂岩を主体とする地層一、B層—泥岩・砂岩互層一、C層—細粒砂岩層一、およびD層—泥岩を主体とする泥岩砂岩互層一の4部層である。この区分は、岩相の地域的变化にかかわらず、炭田全域に通用する(第8図・第9図A・B)。

野外における上記4部層の識別において、A層は灰白色の中粒～粗粒砂岩を主体とすることから、他の部層から比較的容易に識別される。またC層は、塊状の青灰色細粒砂岩によって主として構成されることから、ほぼ、他の地層と区別することが可能である。しかし、杵島層の特徴である淘汰不良の泥岩を含むB・D両層間の識別は、肉眼的な岩質・岩相の観察だけではやや困難である。しいていえば、D層の泥岩のほうがB層の泥岩よりも粒度がやや均質であり、具化石の産出がより多いといえるかも知れない。しかし両層の識別は、両層のC層に対する相対的層位関係からなされるのが、もっとも確実である。杵島層内部における動物化石群集の分布をしらべるうえに、B・D層間の識別は重要である。

IV. 2 部 層 各 論

IV. 2. 1 A 層

A層は城野層(松下, 1949; 井上, 1958)に相当する。厚さ数10cmから1m前後の基底礫岩にはじまり、主として塊状の灰白色アルコーズ質・中粒～粗粒砂岩で構成され、泥岩・砂質泥岩・礫岩の薄層をはさむ。A層の上限は、灰白色粗粒砂岩の上端をもってするが、この層準には、ところによって細礫岩が存在している。

基底礫岩の基質はアルコーズ質の砂岩であって、粒度は一般に中粒～粗粒である。礫種としては酸性火山岩が最多数であり、ついで石英・チャート、さらにホルンフェルスおよび安山岩などである。礫の大きさは一般に径1～3cmであり、径10～20cm大の礫が混じることがある。礫のほとんどが垂円礫ないし円礫である。

注2) 杵島層基底礫岩ならびに佐里砂岩層基底礫岩は、いずれも1m前後あるいはそれ以下の厚さであり、野外調査において見落されたり軽視されたりすることがある。しかし、これらの礫岩は、炭田全域に連続し、隣接諸炭田でも追跡できることが、多数の資料から証明される。

注3) 山崎(1953)は、杵島地区で杵島層を最下部・下部・中部・上部に4分し、また野田光雄・朱雀智介(1955)は有田地区で本層を5部層に区分しているが、いずれも局地的な区分にとどまり、炭田全域には用いていない。

砂岩は淘汰不良で、しばしば細礫岩に変化しており、そのようなところでは、斜層理が観察される。砂岩には炭化木片・炭質物のラミナが普通にみられ、また砂管を含むことがある。緑色鉱物は本部層の下部と上部に散在している。このような砂岩の岩相上の特徴は、芳ノ谷層上部の砂岩にも共通する。

動物化石は、A層を通じてきわめて稀であるが、基底礫岩付近および砂岩の粗粒部に、*Ostrea*を主とする二枚貝・巻貝の破片が、局部的に密集することがある。

岩相・層厚の地域的变化（第10図）：A層の層厚は、大きくみて北から南へ増大し、北部および東部における層厚20mから、南東部の層厚80mまで変化する。徳須恵一大川野(立川)―川古―久間には薄層帯があり、これは先述した芳ノ谷層最上部の薄層帯にほぼ一致する。

第10図は、多数の試錐資料にもとづいて作成された岩相・層厚の地域的变化をあらわしたものであり、岩相変化は砂岩比（全層厚に対する砂岩部分の層厚の割合）および礫岩比（全層厚に対する礫岩部の層厚の割合）で表わされている。同図から岩相変化の傾向をみると、礫岩比が高い(0.4~0.5)地域は、北部の徳須恵・佐里、東部の多久西方であり、礫岩比は南にむかって低下するが、南部の嬉野付近でやや礫岩比が高くなっている。礫岩比が高いことは、かならずしも地層における礫の含有率が高いことを意味しないが、礫の大きさは、礫岩比が高い地域で大きく（最大径 10~20cm の大礫を含むことがある）、礫岩比が低い地域で小さい（最大径 4~5cm 程度）こと、礫岩比が低い武雄・有田・久間では、礫の径が 1~2 cm 以下の大きさであることからみて、徳須恵・佐里・多久西方では礫岩の発達が良いとみなすことができよう。これらの3地域が、現在の基盤岩露出地域に近い位置を占めていることから、堆積盆地縁辺部にあたっていたことが推定される。

A層主部は、主としてアルコーズ質の中粒~粗粒砂岩であり、地域的にみていちじるしい岩相の変化はないが、川古以南の地域では、砂岩がやや泥質をおび、緑色鉱物の含有が多くなっている。

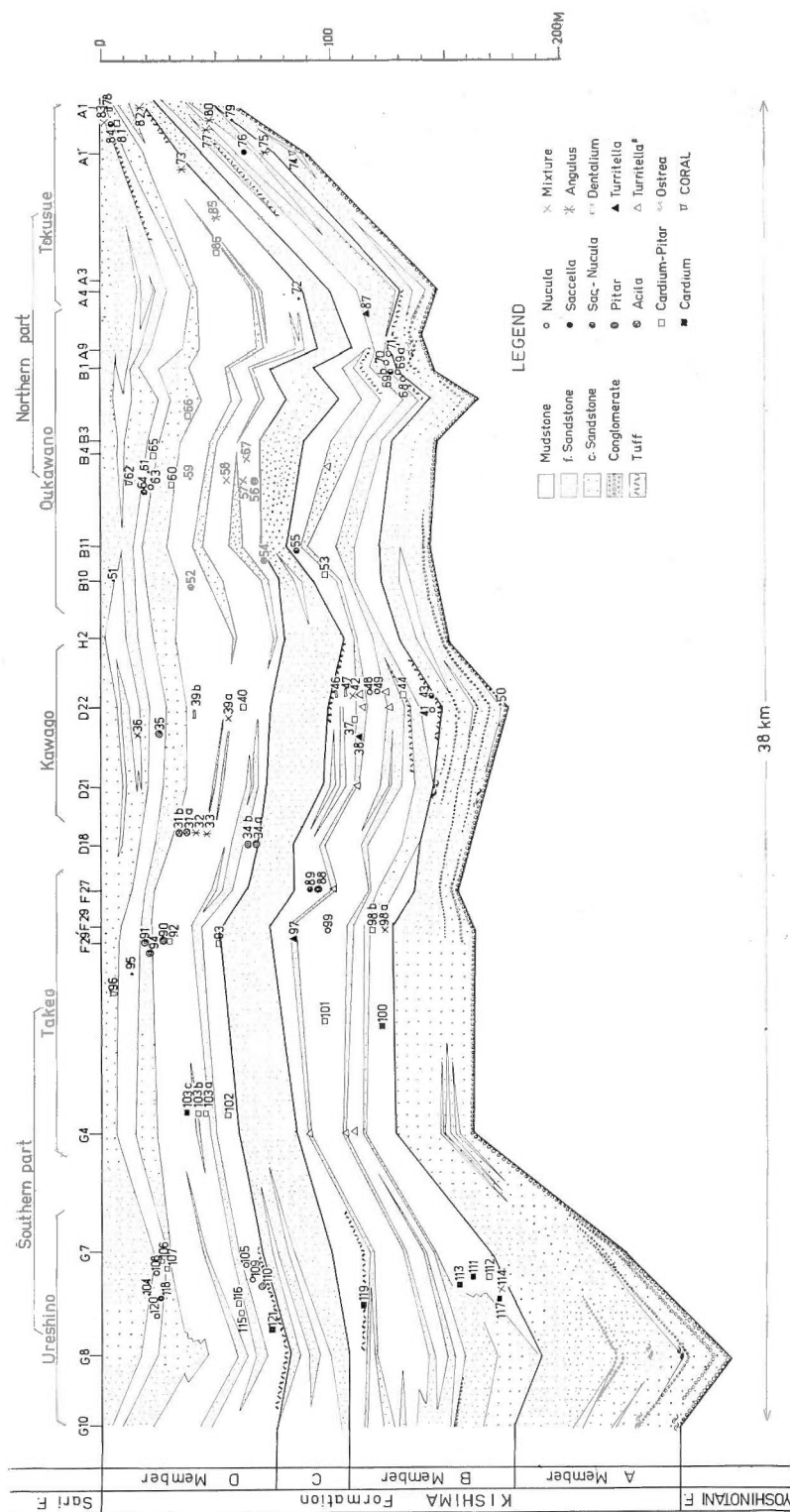
泥岩のはさみについてみると、川古・武雄・多久周辺の薄層帯地域に泥岩のはさみが増加する傾向があるほか、西部の有田および杵島地区の東半部で泥岩のはさみがやや増加している。

また、川古のA層の砂岩は、他の地域におけるよりも粒度の淘汰がわるく、炭質物のラミナ・炭化木片を含有することがおおく、層準によって斜層理が発達している。

IV. 2. 2 B 層

B層は泥岩と砂岩の互層で構成される。泥岩は暗灰色ないし暗青色であり、風化した露頭面では、わずかに紫色をおびた暗灰色を呈し、露頭の亀裂に沿って黄色に変化することがある。このような風化色を有する泥岩は、杵島層以外の地層には見あたらない。泥岩の粒度はシルトであり、粘土は少ない。一般に淘汰不良で、しばしば砂質となり、あるいは暗青灰色の微細粒砂岩に漸移している。泥岩は層理の発達が一般に不良で、塊状の場合が多いが、D層上部および杵島・武雄・嬉野・有田の諸地区では層理が発達して頁岩となっている部分も存在する。泥岩には、雲母片・植物片・炭質物などが多量に含まれ、また淘汰がとくに不良である泥岩には、石英粒・緑色鉱物が散在する。泥灰質団塊は泥岩中に産し、その大きさは径 5~10cm で、球状ないし偏平な楕円状を呈し、しばしば、団塊内部に貝化石が含まれる。

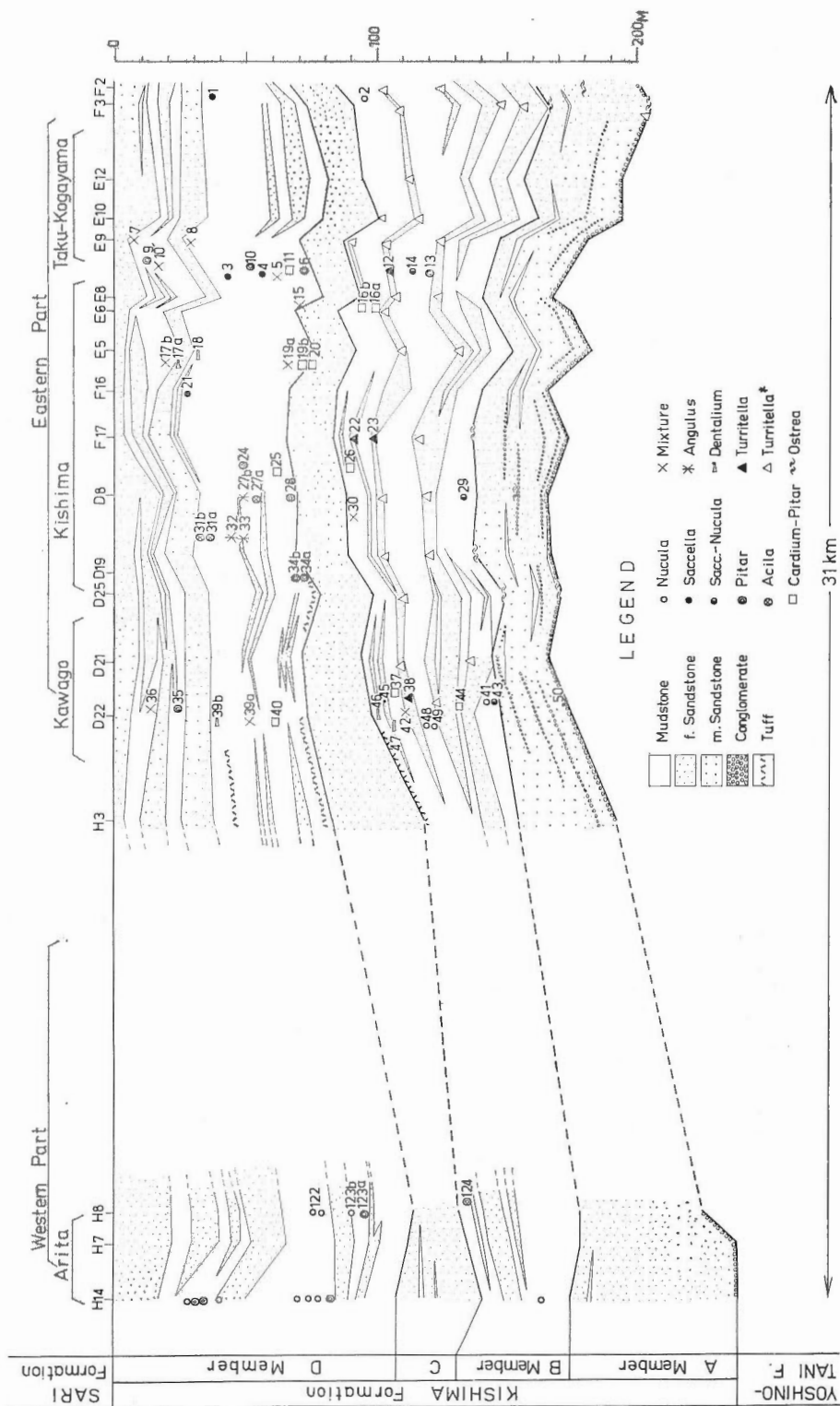
砂岩は細粒で、いわゆるグレイワック質であり、灰白色ないし青灰色、風化して黄褐色・帯青黄色を



第9図-A 杵島層の岩相変化断面と化石産出層準 (南北断面)
 Figure 9-A N-S cross section showing lithofacies of Kishima formation and fossil localities

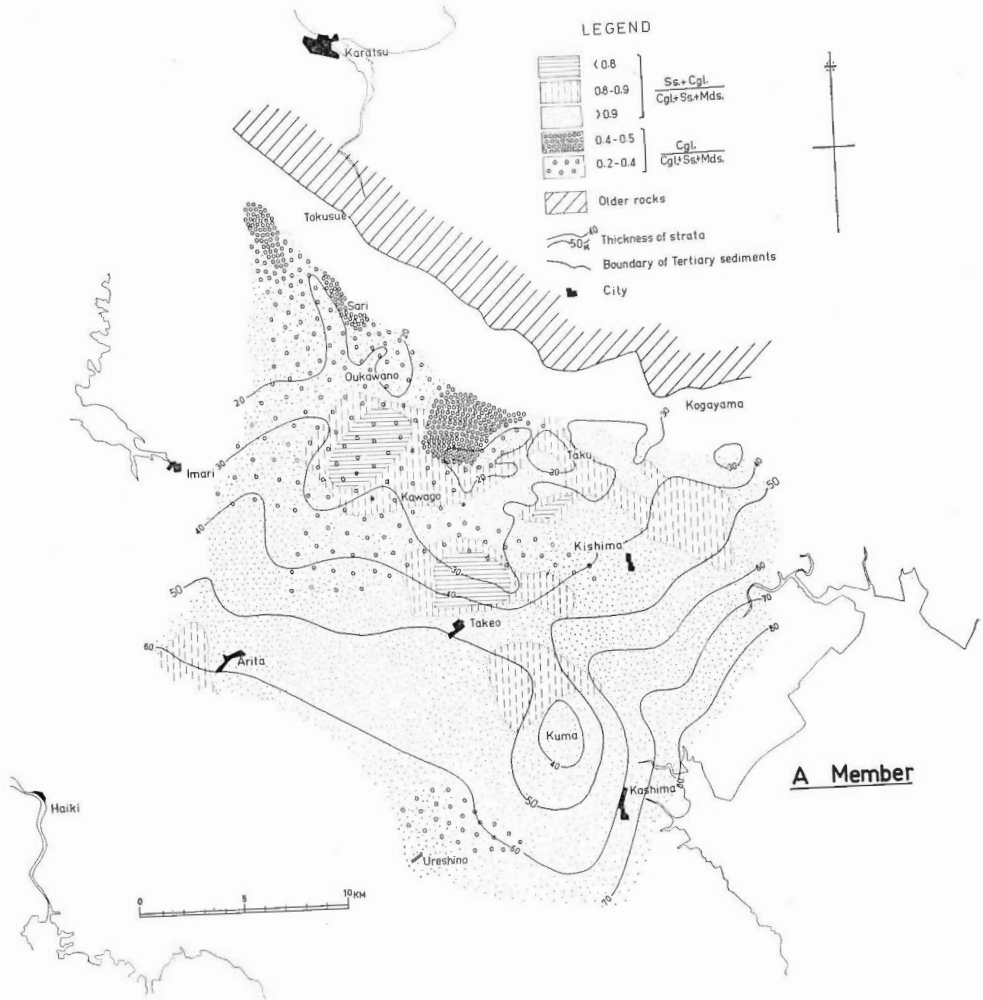
* 試錐で存在が確認されている*Turritella* 密集層

* *Turritella* beds found in boring cores



第9図-B 杵島層の岩相変化断面と化石産出層準 (東西断面)

Figure 9-B E-W cross section showing lithofacies of Kishima formation and fossil localities

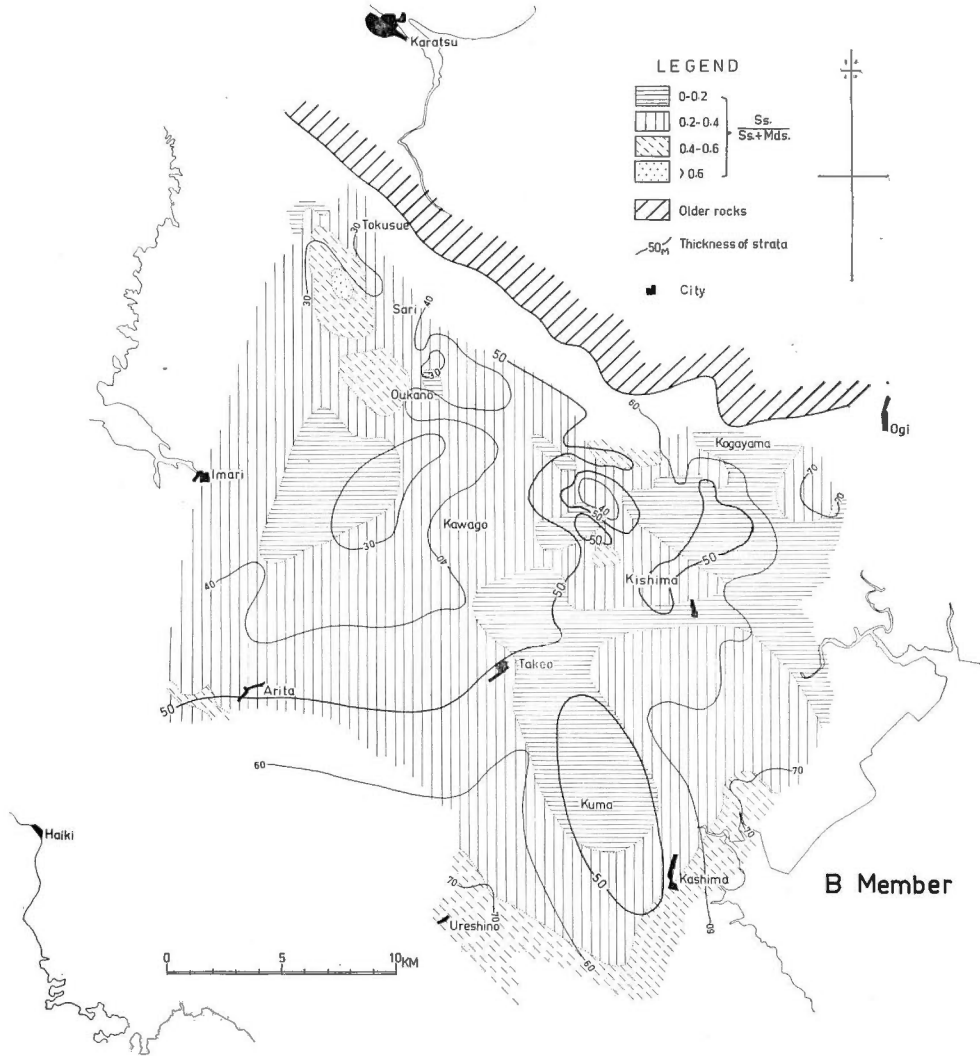


第10図 杵島層A層の岩相と層厚変化図
 Figure 10 Thickness and lithofacies map of A member

呈する。砂岩には雲母片・植物片のほか、粗粒部分に綠色鉱物が含まれている。顕著な堆積構造は、砂岩・泥岩を通じて認められない。

B層の下部および上限付近の層準には、ところによって、厚さ数cmのペントナイト質の凝灰岩層が数枚介在することがある。

動物化石は泥岩中に豊富に産し、二枚貝・ツノ貝・巻貝のほか、地域によって小型のカニ化石を多産する。砂岩に動物化石が含まれることは一般に稀であるが、例外的に、*Turritella sakitoensis* のおび



第 11 図 杵島層 B 層の岩相と層厚変化図
 Figure 11 Thickness and lithofacies map of B member

ただしい遺骸が密集して砂岩に産することがある。この密集層は、B 層の数層準に介在し、よく連続するので、B 層の指準層として地層対比に役だつ。

岩相・層厚の地域的变化 (第 11 図) : B 層の層厚は、北部における 30m から東部・南部における 70m まで変化する。A 層の層厚変化の傾向と同様に、徳須恵—大川野—武雄(久間)、および多久付近に薄層帯が存在しているが、A 層と異なって、多久—古賀山の東端で局部的に厚層化している。

B 層の岩相についてみると、全地域にわたって泥岩相が卓越しており、とくに砂岩比 0.2 以下の地域

は、多久一古賀山とその南東方・武雄一久間の一帯および川古と伊万里の間の地域である。一方、嬉野から有田にかけての一帯、北部の大川野から徳須恵の一帯では、砂岩比が比較的高い(0.4~0.6)。

砂岩・泥岩の岩質の地域的変化は、粒度のわずかな細粗の違いをのぞいて、少なくとも肉眼的にはほとんどみられない。

IV. 2. 3 C 層

塊状の細粒~中粒砂岩からなり、局部的に泥岩の薄層を挟む。砂岩はグレイワッケ質であり、灰白色ないし青灰色を呈し、風化して黄色ないし黄褐色となり、玉ネギ状構造が発達する。砂岩には雲母片・植物片が含まれ、ところによって、砂管が存在する。顕著な堆積構造は認められない。

C層は、きわめて塊状の砂岩であり、しばしば崖を形成することから、野外調査に際して、鍵層のひとつとして役だっている。

動物化石の産出は、川古付近をのぞいて、一般にきわめて稀である。

岩相・層厚の地域的変化(第12図) : C層の層厚は、大川野付近の10mから、川古一有田間における40m弱まで変化するが、大部分の地域では15~30mである。層厚15m以下の薄層部は、徳須恵・大川野・武雄東方・鹿島周辺にあって、これらの地域をむすぶ地帯は、B層以下の地層の薄層帯にほぼ一致する。このほか、15m以下の薄層部は東部に数カ所存在する。厚層部は、川古一有田間に存在するほか、多久周辺およびその他で局部的に存在する。

岩相の変化は、全地域を通じてほとんどなく、わずかに泥岩のはさみの増減があるていどにすぎない。第12図にみるとおり、全地域を通じて、砂岩比は0.8以上である。砂岩比が0.9以下、すなわち泥岩のはさみがやや多い地域は大川野周辺・杵島・多久一古賀山および嬉野一鹿島の一帯である。しかしこのような砂岩比以外で、岩質・岩相の変化をこれらの地域でもとめることは困難である。

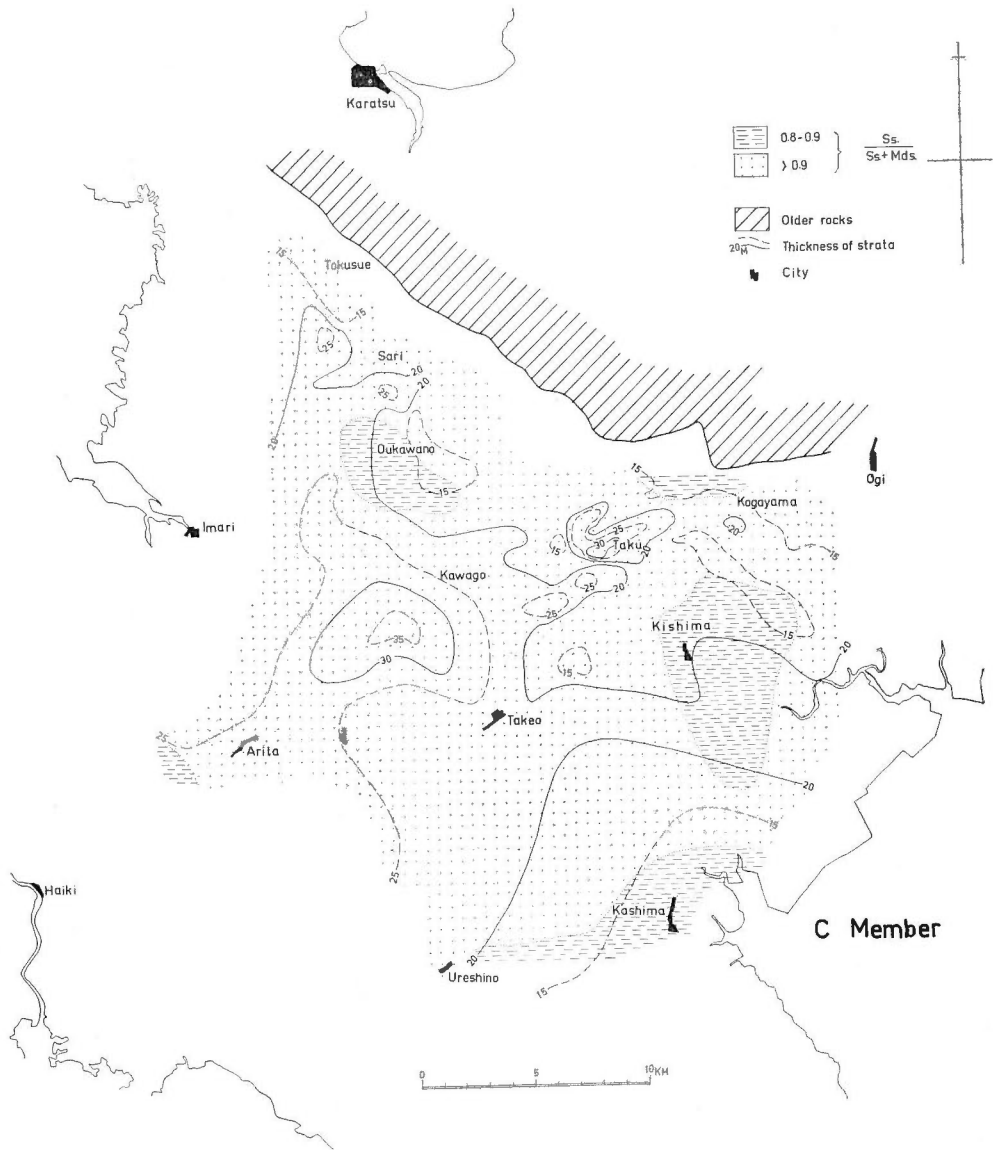
IV. 2. 4 D 層

D層の岩相は、最上部をのぞいて、B層の岩相に酷似する。D層下部は、塊状の暗灰色~暗青色、風化して帯紫暗灰色を呈する泥岩と暗灰色微細粒砂岩から主として構成される。泥岩は淘汰不良で、しばしば砂質泥岩ないし微細粒砂岩に変化する。泥岩には雲母片・植物片・炭質物の細片が多量に含まれ、また、径5~10cmの泥灰質団塊が散在する。層理の発達は、B層の泥岩に比較してやや良好で、ところによって頁岩となる。

砂岩は微細粒~細粒で、泥質をおび、青灰色ないし暗灰色を呈する。

D層の上部は、青灰色~灰白色細粒砂岩と暗灰色泥岩との互層であり、上方に砂岩が増加する。この層準には、厚さ数m~15m前後の細粒~中粒砂岩が介在しており、この砂岩は炭田全域によく追跡される(第9図A・B参照)。しかし、野外調査において、この砂岩を地層対比の鍵層とするには、他の砂岩と岩質上まぎらわしい。ただし、この砂岩には二枚貝・巻貝化石が密集して産することがあり、この密集層はあるていどの連続性があるので、局部的に限られた範囲の地域内では、地層対比に役だつ。

D層最上部は、厚さ数mから20m前後の塊状の灰白色・細粒~粗粒砂岩から構成され、A層の岩相に類似している。すなわち、砂岩は、礫・炭化木片・炭質物のラミナなどを含み、ところによって、斜層



第 12 図 杵島層 C 層の岩相と層厚変化図
 Figure 12 Thickness and lithofacies map of C member

理がみられる。また、嬉野では、大型の砂管が多数存在する。

D層最上部から、上位の佐里砂岩層にかけて、基底礫岩をはさんで上下の岩相変化は漸移的に観察される。しかし、川古・徳須恵では、基底礫岩の下面に、軽微な“洗い流し”現象が認められる。また、徳須恵の2、3の露頭では、D層最上部の砂岩が存在せず、暗灰色泥岩を直接覆って、佐里砂岩の基底礫岩が存在する。

凝灰岩の薄層は、D層下部の数層準に介在しているが、最下部の層準の凝灰岩が比較的連続するようである。

動物化石は、最上部の砂岩をのぞいて、泥岩中に多産する。長尾(1927)は、このD層の化石多産部分を有田化石帯と称したが、そのくわしい層準はわからない。

岩相・層厚の地域的变化(第13図)：D層の層厚は、北部の40mから西部の120mまで変化し、その傾向は、C層以下の地層の層厚変化の傾向に類似的である。すなわち、D層の薄層部は、徳須恵付近と、武雄—多久間にあつて、これまでの薄層帯の位置にはほぼ一致している。しかしD層の薄層部に関して、C層以下と異なる点は、徳須恵・武雄—久間両薄層部間の佐里—大川野に、南北方向の厚層部が生じていることである。その他の点についてみれば、有田から嬉野にかけて、嬉野から鹿島をへて炭田東端部の地域に厚層部が存在しており、これは、C層以下の地層の層厚変化の傾向とあまり変わらない。その他、多久—古賀山に局部的に厚層部が存在する。

D層の砂岩比は、一般にB層のそれよりも若干、高いが、これは、D層上部に砂岩が多いことに由来するため、泥岩そのものはB層よりも発達している。D層の岩相変化を砂岩比からみると、砂岩比が0.4をこえる地域は、北部の佐里から川古・武雄間をとおつて有田にいたる一帯から、嬉野東方まで、広範囲にわたっている。また、杵島地区の東端部も砂岩が多い。一方、泥岩がとくに卓越する地域は、杵島から多久—古賀山の一帯に限定されている。

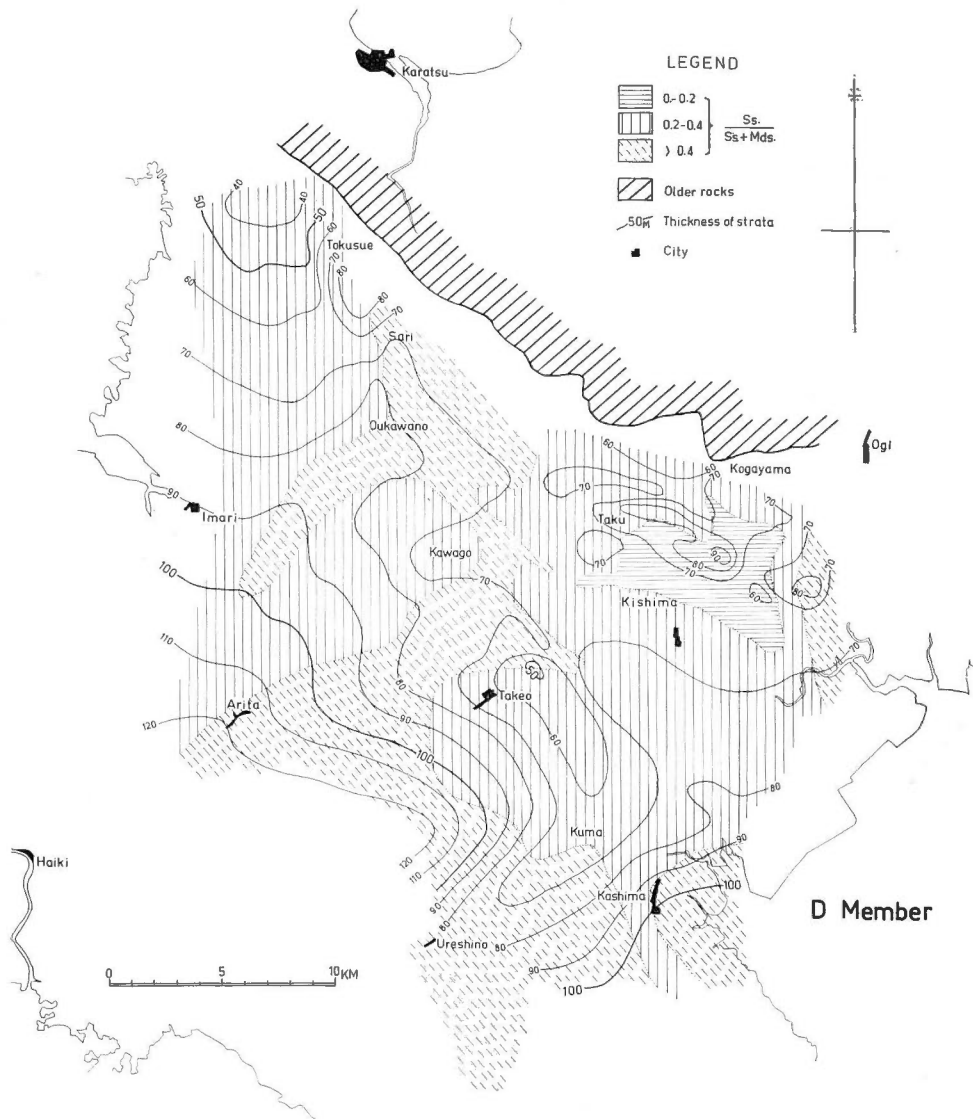
有田・嬉野付近の泥岩は、他地域よりも幾分緻密となつて黒色を呈し、かつ、層理面が発達して頁岩になる傾向がみられる。一方、徳須恵付近の泥岩は、他地域のものにくらべて砂質物を含むことが多く、淡色となる。

最上部の砂岩は概して粗粒であり、夾雑物を多く含む岩相は、全域を通じてほぼ共通である。しかし、層厚は20mから0mまで変化し、その変化には一定の傾向が認め難い。さきにも述べたように、徳須恵地区の成淵および加倉では、この砂岩が欠除している。

以上の各部層を通じて、杵島層の垂直方向の岩層変化をみると、杵島層は、大きくみて、粗粒堆積物(A層)→細粒堆積物(B層)→粗粒堆積物(C層)→細粒堆積物(D層下部)→粗粒堆積物(D層上部)といった一連の変化を有する。すなわち、杵島層は、A・B両層およびC・D両層からそれぞれ構成される2小堆積輪廻からなっており、さらに、これらの小堆積輪廻が瀕海成堆積物→浅海成堆積物→瀕海成堆積物という1堆積輪廻を構成することが理解される。

IV.3 岩相と層厚の関係について

A層からD層までの岩相・層厚変化を通観すると、概して砂岩が厚く堆積しているか、あるいは砂岩の単層数が多いところでは、地層の層厚が大となる傾向がみられる。すなわち、大川野—川古間のA層



第 13 図 杵島層D層の岩相と層厚変化図
 Figure 13 Thickness and lithofacies map of D member

およびB層、武雄一久間付近のA・B・D層、多久周辺のA・B層、鹿島一久間のC層、武雄東方のC層、以上はいずれも薄層であり、かつ、周囲の地域の各層よりも砂岩比が低い。逆に、有田・嬉野・鹿島のB・D層、炭田東端部のD層、佐里一大川野付近のD層、以上はいずれも厚層であり、周囲の地層よりも砂岩比が高い。

例外としては、徳須恵のA・B層、多久一川古間のA層のように、薄層であって砂岩比が高い例、あるいは多久一古賀山のD層のように厚層であって泥岩が卓越した例もある。

一方、杵島層群の佐里砂岩層以上の地層の岩相・層厚変化の傾向を概観すると、これまでの研究者が一律に報告しているように、これらの地層はいずれも南西方に層厚を増すとともに、泥岩がいちじるしく優勢となっている。これと比較してみると、地層が厚い場所では砂岩の発達が良いであるという杵島層の傾向は、杵島層群の他の地層から杵島層を区別する堆積上の特徴といえることができるであろう。すなわち、杵島層と杵島層群の他の地層との間には、堆積盆地の動揺・形状・堆積機構・堆積環境のうえに、異なった条件が存在していた可能性が考えられる。

V. 杵島層の化石群集

V. 1 概 要

杵島層の化石群集は、貝類を主とする海棲動物化石からなり、長尾(1927)の *Upper Pecten sakitoensis* 帯、水野(1964)の間瀬階 (*Venericardia yoshidai* 帯) に属する群集である。時代的には、漸新世中期のルペリアンのものとされている。

杵島層の化石群集は、相知層群敵木層上部の化石群集(長尾の *Lower Pecten sakitoensis* 帯、水野の船津階の群集)に多くの共通種を有するのに対して、杵島層群佐里砂岩層以上の化石群集(長尾の *Crassatellites yabei* 帯、水野の西彼杵階の群集)との間には共通種が少ない。第3表は、従来の記録と筆者の資料とから編集した敵木層上部・杵島層・佐里砂岩層以上の杵島層群の貝化石産出リストである注4)。同表によると、*Turritella karatsuensis*, *Turritella sakitoensis*, *Volutospina japonica*, *Nucula hizenensis*, *Ostrea sakitoensis*, *Crassatellites matsuraensis*, *Venericardia yoshidai*, *Cardium kishimaense* のような、杵島層化石群集に普通に含まれる種が、佐里砂岩層以上の地層からは、まったく産していない。一方、後者に多産する *Turritella infralirata*, *Acila divaricata*, *Chlamys ashiyaensis*, *Callista hanzawai*, *Crassatellites inconspicuus* などは、杵島層に産しない。

杵島層と下位の敵木層との化石群集を比較すると、上記の杵島層に普通に産する化石種 (*Turritella sakitoensis* をのぞく) は、敵木層にも普通に産する種である。

以上のように、主要構成種の共通という観点からも、杵島層の化石群集は、佐里砂岩層以上の群集よりも、敵木層上部の群集に近縁であるとみられる。このような性格を有する杵島層の化石群集について、産状・群集の構成・地層内における分布状態・特性曲線に示される過去の水平・垂直分布を以下に

注4) 稀に産する種は割愛した。

第3表 殿木層上部・杵島層・杵島層群（佐里砂岩層以上）の貝化石産出表
 Table 3 Comparison of three molluscan faunae from Oligocene strata in north and northwest Kyushu. Modified from MATSUSHITA 1949 and MIZUNO 1964 by author

species	Kyuragi formation	Kishima formation	Kishima group except Kishima formation
<i>Orectospira takaii</i>		*	
<i>O. wadana</i>		*	
<i>Turritella karatsuensis</i>	*	*	
<i>T. sakitoensis</i>		*	
<i>T. infralirata</i>			*
<i>Clathrus submaculosus</i>	*	*	*
<i>Ampullina nagaoi</i>	*		
<i>Mammilla insignis</i>		*	
<i>Orthaulax japonicus</i>	*	*	
<i>Siphonalia? nipponica</i>		*	
<i>Molopophorus</i> sp.		*	*
<i>Volutospina japonica</i>	*	*	
<i>V. nishimurai</i>	*		
<i>Fulgoraria</i> sp.		*	*
<i>Makiyamaia kurodae</i>		*	
<i>Dentalium ashियाensis</i>		*	*
<i>D.</i> sp.		*	
<i>Saccella</i> sp.		*	
<i>Yoldia laudabilis</i>			*
<i>Portlandia scaphoides</i>			*
<i>Nucula hizenensis</i>	*	*	
<i>Ennucula</i> sp.		*	
<i>Acila nagaoi</i>		*	
<i>A. ashियाensis</i>			*
<i>Glycymeris</i> sp.	*	*	
<i>G. compressa</i>			*
<i>Solamen subforficatum</i>		*	*
<i>Septifer nagaoi</i>			*
<i>Chlamys sakitoensis</i>	*	*	
<i>Chlamys ashियाensis</i>			*
<i>Lima nagaoi</i>			*
<i>Ostrea sakitoensis</i>	*	*	
<i>O. lunaeformis</i>	*	*	*
<i>Crassatellites matsuraensis</i>	*	*	
<i>C. yabei</i>			*
<i>C. inconspicuus</i>			*
<i>Venericardia hizenensis</i>	*		
<i>V. yoshidai</i>	*	*	
<i>V. subnipponica</i>		*	*
<i>V. vestitoides</i>			*

第3表 つづき

species	Kyuragi formation	Kishima formation	Kishima group except Kishima formation
<i>Lucinoma</i> sp.		*	*
<i>Cardium kishimaense</i>	*	*	
<i>Callista hanzawai</i>			*
<i>Pitar matsuraensis</i>	*	*	
<i>P. kyushuensis</i>	*		
<i>P. yokoyamai</i>	*	*	
<i>P. matsumotoi</i>			*
<i>Dosinia chikuzenensis</i>			*
<i>Cyclina compressa</i>		*	
<i>Angulus maximus</i>	*	*	*
<i>Tellina tricarinata</i>	*		
<i>Phaxas</i> sp.		*	*
<i>Solen</i> sp.		*	*
<i>Pholadomya margaritacea</i>	*	*	*
<i>Periploma</i> sp.		*	*

記述する。なお、化石群集についての定義は、厳密な意味で簡単ではないが、ここでは単に、1地点・1層準（すなわち1産地）に産する化石の集合を化石群と称し、化石群をいくつかまとめて総称したものを化石群集とよぶことにする。たとえば、ある産地で *Nucula* が卓越する化石群が採取された場合、それを *Nucula* 群とよび、構成が異なったいくつかの群をまとめてよぶ場合に散在型産状の化石群集、あるいは杵島化石群集といった使用方法である。

V. 2 化石採取の方法

杵島層の化石群集の産出状況を見ると、層準・地域によって、化石の種類・産出個体数が異なっている。地層中における化石の層序的・地域的分布を把握することは、地層の堆積環境・化石の埋没・保存条件を知るうえで必要な第一段階である。したがって、化石採取にあたっては、少数地点で多数の個体を採取するよりも、1地点での採取個体数は比較的少数であっても、できるだけ多数の地点で採取する方法をえらんだ。第14図A～Dは化石の産出地点を、第4表A・Bは産地別の産出化石の個体数をそれぞれ示している。

露頭における化石採取作業に際しては、化石が層理面に平行な方向に集合して産するという経験的事実から、まず露頭で層面に垂直な方向に化石をさがし、化石が発見された位置から、層理ぞいに化石を追跡して採取を行なった。採取作業は、作業員3名が、1露頭につき、20～30分ていど行なっている。

V. 3 化石の産状

V. 3. 1 地層における化石分布の粗密

杵島層に産する動物化石の大部分は、海棲巻貝・ツノ貝・二枚貝であり、そのほかにサンゴ類・甲殻類および稀に魚鱗が産している。これらの動物化石は、地層中に一樣な密度で分布するのではなく、層



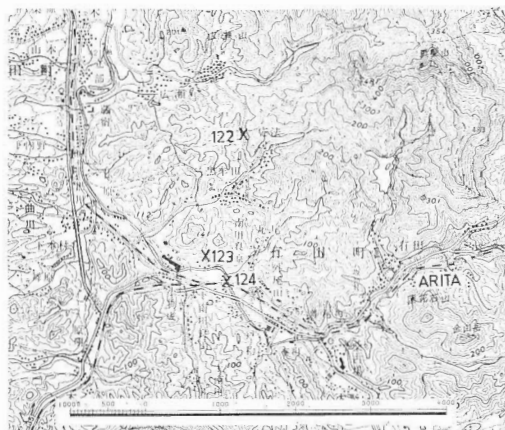
第 14 図-A 化石産地図 (炭田北部徳須恵・大川野付近)
Figure 14-A Index map showing fossil collection sites in northern part of area studied



第14図-B 化石産地 図 (萩田東部川古・杵島・多久一古賀山村近)
Figure 14-B Index map showing fossil collection sites in eastern part



第14図-C 化石産地 図 (炭田南部武雄・嬉野付近)
Figure 14-C Index map showing fossil collection sites in southern part



第 14 図-D 化石産地図（炭田西部有田付近）
Figure 14-D Index map showing fossil collection sites in western part

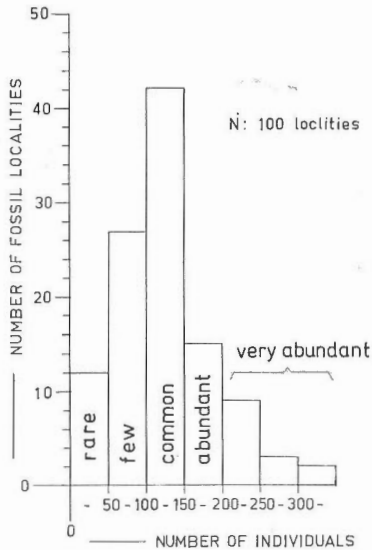
序的・地域的に分布の粗密がある。分布の粗密は、産地間の化石産出個体数の大小を基準として知ることができる。産地における化石の産出頻度の表現として、従来一般に使用されているのは“多”・“普通”・“少”・“稀”といった区分である。しかし、これらの区分の基準が明示された例は、あまりないようである。ここでは、上記の区分の基準としてごく便宜的に、以下の方法をとった。すなわち、同一の採取地点では、採取個体数は採取時間におおよそ比例すると仮定し、実際に露頭で採取に要した時間と採取個体数から、1時間分で採取できるであろう個体数を期待した。この期待個体数を基準にして“きわめて多産”、“多産”、“普通”、“少産”、“稀”の各範囲を決定した。第15図は、期待個体数の産地出現の頻度分布と、上記の区分との対応を示した。1時間あたり100～150個の期待個体数の産地が100産地中、41産地を占めて最多数であることから、これを“普通”とし、これより期待個体数が多いか少ないかによって、各区分を設定した注5)。

以上の区分にもとづいて、杵島層における化石の分布状態を概念的に示したのが第17図A-Bである。この図から理解されるように、化石はB・D両層に集中し、A・C両層には稀であること、B・D両層内部でも、化石の分布にはかなりの粗密があって、多産部分と少産部分とが複雑にいまじっていること、ある範囲の地域では、密集層およびきわめて多産する部分が、化石層として追跡できること、などがわかる。また、地域的に化石分布密度を比較すると、北部では、他地域より化石の産出が若干、少ないこと、B層では、南部・西部が東部に比較して、化石の産出が少ないことなどが理解される。

V. 3. 2 化石の産状型

地層内における化石の集合状態には、地層中に化石個体が散在する型と、個体が密集して産する型とがある。

注5) 第15図のヒストグラムは、地層中に散在する化石を対象として行なわれたもので、密集型産状を呈する化石については行なわれていない。



第 15 図 1 露頭における化石産出頻度. 縦軸は産地数, 横軸は期待個体数
Figure 15 Histogram of frequency distribution of number of fossil individuals collected at a locality per hour, and categories in relative fossil abundance

散在型の産状: 泥岩に産する化石の大部分の産状であって, 化石個体間に間隔があるものである. 地層において, 化石が多産する部分と, そうでない部分との境界は明瞭でないが, 露頭での観察によると, 多産部分は, 層理に平行な, 厚さ数 10cm から 3m 前後のレンズ状のひろがりをもっている.

密集型の産状: 主として砂岩においてみられる化石の産状で, 厚さ 10~50cm の地層の範囲に, 化石個体が重畳して産するものであり, 多産部分と産しない部分との境界が明瞭である. この型の産状には *Turritella* 密集層のように保存良好の個体が密集し, 広範囲にわたって追跡できるものと, 破片となった二枚貝が重なりあい, 層理方向に短距離で消滅するものがある.

V. 3. 3 化石個体の保存状態

散在型産状の化石群集: 産地によって若干の差があるが, 一般的にみて, つぎのような状況を示している.

多くの貝殻は, 層理面に平行な姿勢で存在しているが, *Nucula*, *Acila* のような比較的ふくらみの大きい殻は, 層理面に斜交した姿勢でしばしば産している. 二枚貝の殻の大部分は片殻かあるいは両殻が開いているかであり, 両殻が閉じている個体は少ない. 両殻合弁で発見される貝殻には, *Nucula hizenensis*, *Acila nagaoui*, *Venericardia yoshidai*, *Pholadomya margaritacea*, *Angulus maximus* などが多い. なかでも, *Pholadomya* は, かなり強く変形していても, ほとんどの場合, 合弁のまま発見される.

殻の破片は, どの産地でもかなりの量で含まれているが, 微細片は少なく, 一般に破片をみて, 化石種の同定ができるほどの破損具合である. カニは, ほとんどの場合, 背面の甲羅だけが保存されていて, 脚部・腹部がそろって, ほぼ完全な形態で産することはごく稀である.

殻の変形は, 強弱の差はあっても, 泥岩に産する化石個体に普通にみられる. 層面に平行な貝殻は扁平となり, 両殻合弁で層面に平行でないものは, 上から圧縮されたようないびつな形に変形している.

殻の厚薄と変形度との関係は明瞭でない。このような殻の変形の観察から、殻の変形をもたらした力は、主として、上に重なる地層の荷重に由来すると推定される。

殻の溶解についてみると、風化がすすんだ露頭では、殻の大部分が溶解消失するのは当然であるが、新鮮な露頭では、ほとんどの化石が貝殻を残存しており、殻表の彫刻もほぼ良好に保存されている。しかしカニは、新鮮な露頭においてさえも、甲殻を残すことなく、単に mold として産しており、これは甲殻の大部分が、遺骸となって間もなく、溶解し去ったことを思わせる。

密集型産状の化石群集：*Ostrea*などの二枚貝を主とする分布の限られた密集型産状の化石群集についてみると、化石個体の大半は破片となっており、破片のほとんどは層面にそって配列する。

Turritella 密集層の場合は個体の保存がきわめて良好であり、殻表の羅旋彫刻はもちろん、細い縦条までよく保存されている。*Turritella sakitoensis* の殻の大きさはほぼ一定しており、殻の大部分が層面に平行であるうえ、殻の配列に方向性が認められる(井上, 1971)。

V. 3. 4 化石の原地堆積と異地堆積について

地層で観察される化石群が、生活の場所でそのまま保存されたか、あるいは、水流その他の営力によって、生活の場所から現在観察される場所へ運搬されてきたかを厳密に判断することは、けっして簡単ではない。これを判断するには、古生態学的・堆積学的に詳細な吟味を必要とするが、一方、化石群が原地堆積かどうかの判断の厳密さは、研究の対象である堆積環境の大きさと、推定の詳細度に関係するとも考えられる。

本研究の場合、泥質堆積物中に産する散在型産状の化石群集についてみると、各産地を通じて化石群の構成が共通種からなること、周囲の岩相に明瞭な堆積構造が存在しないこと、大小さまざまな個体が混合して保存されていること、わずかではあるが両殻合併の個体が、生存時を思わせる姿勢で地層中に含まれていること、などの観察事実から、散在型産状の化石群集は、大きくみて、原地堆積の群集と解釈している。

これに対して、*Turritella* 密集層の場合は、ほぼ同じ大きさの個体が密集して存在すること、殻頂の配列に方向性があること、周囲の岩石の粒度がやや粗粒であることからみて、*Turritella* 化石群は水流の影響をつよく受けたことが推定され、さらに異地堆積の可能性も考えられる。

V. 4 化石群の構成

杵島層全体を通じて産した動物化石は、巻貝16属17種・ツノ貝1属1種^{注6)}・二枚貝25属27種・カニ1属1種、以上合計43属46種、および単体サンゴ類とごく少数の魚鱗であり、*Turritella*, *Venericardia*, *Pitar* をのぞいた他は、1属1種である。これらのうちで量的に卓越しているのは二枚貝であり、全個体数の77%を占め、ついで巻貝13%、ツノ貝6%、甲殻類3%、単体サンゴ類1%である。多産する属は *Turritella*, *Dentalium*, *Sacella*, *Nucula*, *Acila*, *Cardium*, *Pitar*, *Cyclina*, *Angulus* であり、これらの9属で全体の約80%を占めている。反面、産出個体数が全体の各0.1%以下の属が19も含まれている。

注6) ツノ貝の1属1種は、*Dentalium* を1種と暫定的にみなした結果であるが、2種以上が含まれている可能性があり、今後の検討を要する。

これらの化石種の産出頻度は、産地によって大きく異なっている。産地ごとに、化石種の出現とその個体数についてヒストグラムを作成し、化石群を構成から分類した結果、以下にのべる13種類の化石群が識別された。

V. 4. 1 散在型産状の化石群集

この型の化石群集（第16図）は、化石群間に共通種が多いので、種の存在の比較だけでは、産地ごとの群間の区別が困難な場合がおおい。しかし、種別の個体数の産出頻度を化石群間で比較するとき、化石群間の構成上の相違が明らかとなる。化石群間の識別にあたっては、化石群集のなかで産出量が卓越する *Pitar*, *Cardium*, *Nucula*, *Saccella* の4属間の相対的な産出頻度の差を第1の基準とし、これらの4属以外で、局部的に異常に多産する *Dentalium*, *Angulus*, *Acila* の産出頻度を考慮して、つぎの10群を識別した。各群についての産地数・平均構成種数・1種あたりの平均個体数・化石群を含む岩石をまとめて、第5表に示す。

Nucula 群（第16図A・B・C）：*Nucula* が25%以上、平均40%近くの比率で産し、ついで *Pitar*, *Saccella* の比率が高いが、これらは *Nucula* よりも15%以上低い比率で産し、かつ *Cardium* の比率が10%以下の構成をもつ群である。

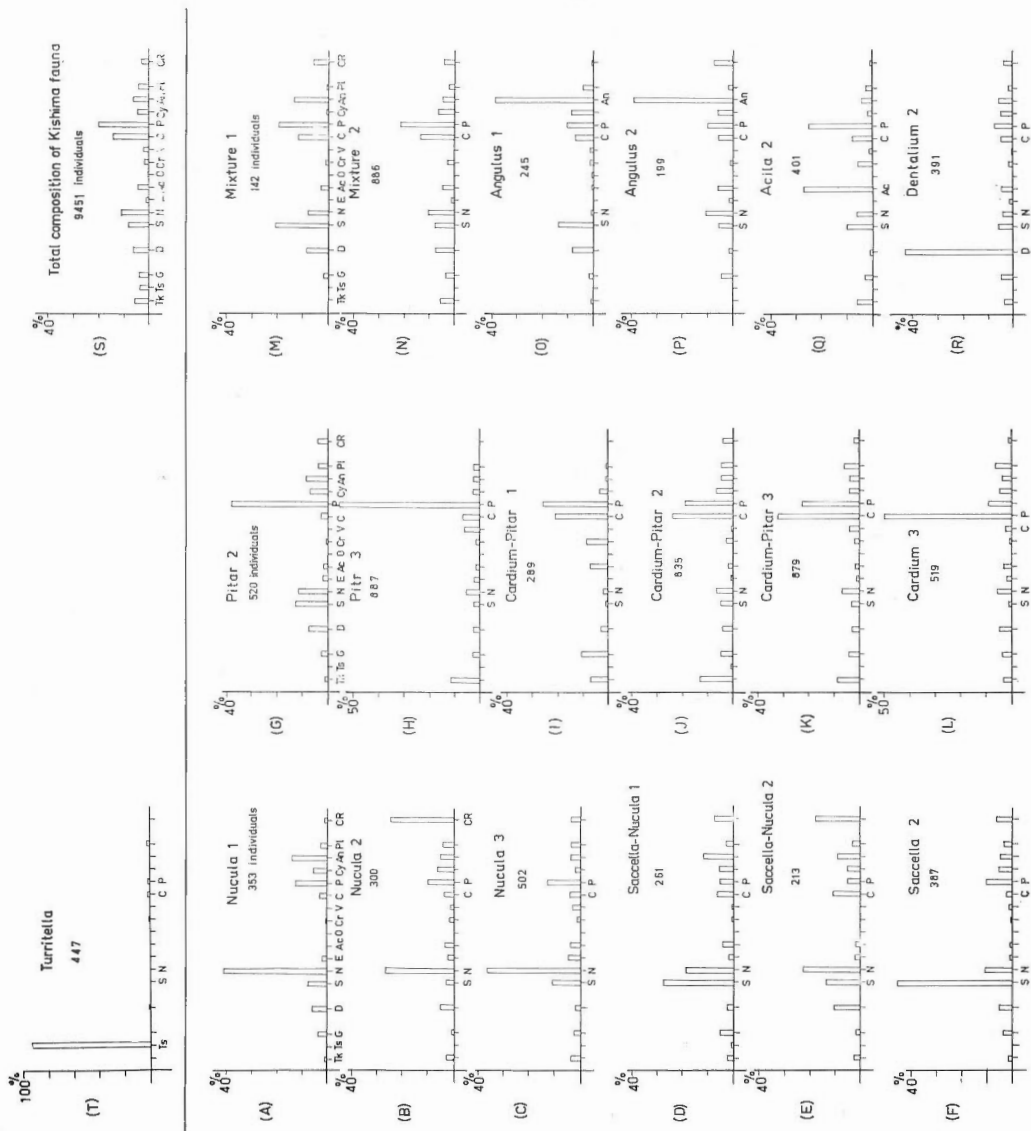
同群の例外的構成として、北部の産地63・西部の産地122では *Pitar* が、北部の産地68では *Angulus* が、それぞれほぼ *Nucula* と同比率で含まれている。しかし、*Cardium* の比率が以上の産地の群にも低いことから、これらの例外的構成も *Nucula* 群に含めている。また、カニの比率が非常に高い産地48および産地2の化石群は、*Nucula* 群の構成にカニが多数加わったものとみなしている。

稀少産の属のなかで、比較的 *Nucula* 群によく伴って産するものは *Orectospira*, *Periploma* であり、他の群に比較的好く随伴する稀少産の属で、この群にほとんど産しない属は *Siphonalia?* である（第6表）。

Saccella 群（第16図F）：産地3と産地4で典型的な構成がみられる。すなわち *Saccella* が30~40%以上を占め、他種と10~20%以上の差がある群である。この群に随伴して普通に産する属は *Nucula*, *Cardium*, *Pitar*, *Cyclina*, *Angulus* である。稀少産の属としては *Makiyamaia*, *Portlandia* がこの群によく伴う一方、*Volutospina*, *Solamen*, *Periploma* は、この群から産していない。

Saccella-Nucula 群（第16図D・E）：*Nucula* 群と *Saccella* 群の中間的な構成を有する群で、*Saccella* と *Nucula* が優越し、各10%以上（*Saccella* 平均18%、*Nucula* 平均21%）、両属の合計が30%以上であり、かつ *Pitar* と *Cardium* が各10%以下の群である。この群に伴って普通に産する属は、上記のほか *Cyclina*, *Angulus*, *Dentalium* などである。稀少産の属としては *Orectospira*, *Malletia* が比較的好く随伴し、*Siphonalia?*, *Solen* はあまり伴って産しない。

以上の3群を通じて、共通点は、平均構成種数が11~12で、杵島化石群集全体の平均構成種数11.7に近いこと、1産地平均個体数が58~70個であり、これは化石群集全体の平均79個よりかなり少ないこと、*Turritella*, *Cardium*, *Crassatellites* の産出比率が全体におけるこれら3種の平均比率よりもずっと低いこと、およびカニの産出比率が高いこと、以上があげられる。これらの共通点は、このグループの化石群を他の群から区別する特徴となっている。また、このグループの構成上の特徴は、後述する



第16図 化石群の構成

1. 北部； 2. 東部； 3. 南部

Figure 16 Specific compositions of fossil assemblages

1. assemblages in northern part;
2. assemblages in eastern part;
3. assemblages in southern part

第5表 散在型産状の各化石群の産地数
 (1 産地あたりの平均産出個体数, 1 種あたりの平均個体数, 卓越属の比率, 化石を含む岩石, を示す)
 Table 5 Statistics of fossil assemblages, except *Turritella* and *Ostrea* assemblages

Fossil assemblages	Number of fossil localities			average number of sp. per loc.	average number of individ. per loc.	average number ind. per species	predominant genera (definition)	lithology
	north part	south part	east part					
Nucula	5	7	5	17	11.0	69	6.3 Nucula > 25%	Mds. - sdy. Mds.
Saccella	1	0	4	5	11.0	70	6.3 Saccella > 30%	Mds. - sdy. Mds.
Saccella-Nucula	5	1	3	9	11.7	58	Nucula > 20% Saccella > 15%	sd. Mds. - Mds.
Pitar	1	9	9	19	12.0	84	7.0 Pitar > 30%	sd. Mds. - Mds.
Cardium	0	8	0	8	13.2	67	5.0 Cardium > 40%	sd. Mds. - fSs.
Cardium-Pitar	6	11	10	27	13.5	74	Cardium > 20% Pitar > 20%	Mds. - vfSs.
Mixture	4	2	11	17	12.9	67	Nucula = 10%, Cardium = 20%, Saccella = 8%, Pitar = 20%	sd. Mds. - Mds.
Angulus	6	0	3	9	9.9	49	Angulus > 40%	vfSs. - sdy. Mds.
Dentalium	0	0	5	5	11.6	78	Dentalium > 20%	vfSs. - sdy. Mds.
Acila	1	0	3	4	14.7	154	Acila > 20%	Mds.

第6表 化石群と稀少産の属との随伴関係 (数字は、各稀少属が各化石群に産する平均個体数)

Table 6 Relationships between fossil assemblages and accessory genera
(Numbers are average values of number of individuals included in each fossil assemblage)

Fossil assemblages Genera	Nucula	Saccella	S.-N.	Pitar	Cardium	C.-P.	Mixture	Angulus	Dentalium	Acila	Average values	Standard deviation
Orectospira	.12	.00	.11	.00	.00	.04	.00	.00	.00	.25	.05	.08
Mammilla	.18	.60	.44	.16	1.00	.67	.06	.22	1.40	.00	.47	.43
Siphonalia?	.06	.80	.11	.68	.87	.26	.76	.55	1.20	2.00	.73	.54
Volutospina	.47	.00	.33	.37	.25	2.62	.71	.33	.60	.00	.57	.71
Makiyamaia	.29	.40	.11	.11	.37	.37	.41	.00	.80	.25	.31	.21
Malletia	.00	.00	.11	.11	.12	.07	.06	.00	.00	.00	.05	.05
Portlandia	.06	.40	.00	.00	.12	.04	.00	.00	.00	.00	.06	.12
Glycymeris	.00	.00	.00	.00	.37	.40	.00	.00	.20	.25	.12	.16
Solamen	.12	.00	.22	.16	.62	.15	.29	.11	.40	.50	.26	.19
Ostrea	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.06	.22	.00	.00	.03	.03
Solen	.41	.20	.11	.11	1.50	.93	.47	.11	.00	.50	.43	.44
Pholadomya	.25	.00	.33	.11	1.37	.96	.76	.00	.20	.00	.40	.45
Periploma	.65	.00	.44	.53	.00	.22	.18	.33	.20	.25	.28	.20

Cardium 群・*Cardium-Pitar* 群の構成と対照的である。

Pitar群 (第16図G・H) : *Cardium-Pitar* 群について、多くの産地に出現する群である。*Pitar* が30~40% (平均41%, 最高は産地110の61%) 以上産し、*Saccella* と *Nucula* を各5~10%ていど含む群であり、*Cardium* を数パーセントしか含まぬ特徴をもつ。以上のほか、この群に普通に伴って産する化石は、*Turritella*, *Dentalium*, *Cyclina*, *Angulus* (各5%ていど)、稀少産の属では *Malletia*, *Periploma* が比較的良好に伴い、*Solen* は少ない。

以上のような構成をもつ *Pitar* 群は、しかし、北部・東部と南部とでは、構成に若干の相違がある。すなわち南部の *Pitar* 群は、東部の *Pitar* 群に比較して、*Pitar* の卓越度が10%ていど高く、また *Turritella* の含有率が高い。これに対して東部の *Pitar* 群は、南部の同群よりも *Saccella*, *Nucula* の含有率が高く、産地34aでは、*Saccella* と *Pitar* の比率が同程度になっている注7)。

Cardium群 (第16図L) : 主として南部に産し、*Cardium* が40%以上(平均50%)産し、*Saccella* と *Nucula* が一般に5%以下、*Pitar* が10%以下の構成をもつ群である。そのほか、*Turritella*, *Dentalium*, *Cyclina*, *Angulus* が各数%台で産する。稀少産の属としては *Mammilla*, *Glycymeris*, *Solamen*, *Solen* および、杵島層に特徴的によく産する *Pholadomya* が同群によく随伴する。

Cardium-Pitar群 (第16図I・J・K) : 散在型産状の化石群集中、もっとも多数の産地に出現している。*Cardium* が20~30%, および *Pitar* が15~30%, 両属あわせて40%以上を占めるのに対して、*Saccella* と *Nucula* が各10%以下である群である。この構成は、さきへのべた *Saccella-Nucula* 群のそれと対照的である。*Cardium-Pitar* 群に普通に伴って産する属は *Turritella*, *Dentalium*, *Crassatellites*, *Cyclina*, *Angulus* であるが、なかでも *Turritella karatsuensis* は、この群において最高の比率(平均10%強)で産し、この群との結合の深さがめだっている。また *Crassatellites* は、個体数こそ少ないが、他のどの群よりも、この群によく随伴している。稀少産の属のなかでは *Volutospina*, *Glycymeris*, *Solen*, *Pholadomya* がよく伴っている。とくに *Volutospina* の随伴度が、他の群に比較して、いちじるしく高い。

以上にのべた *Cardium* 群と *Cardium-Pitar* 群は、ともに構成からみて、*Nucula*, *Saccella*, *Saccella-Nucula* の諸群の対極を示す群であり、とくに *Turritella karatsuensis* をはじめとして巻貝を他の群より豊富に含むこと、*Nucula*, *Saccella*, *Angulus* が少ないこと、平均構成種数が多いことなどの特徴を有している。また、このグループは、他の化石群よりも、やや砂質を帯びた堆積岩中によく産する傾向がある。

混合群 (第16図M・N) : *Pitar*, *Cardium*, *Saccella*, *Nucula* の4主要化石種間の産出比率の差が小さく、かつ、他にもこれといった卓越種がみられない群である。すなわち、4種類の平均的構成比率は *Saccella* 8%, *Nucula* 10%, *Cardium* 14%弱および *Pitar* 21%である。以上のほか、数%台で *Cyclina*, *Acila*, *Angulus* および *Turritella* を伴っている。このような構成は、これまで説明してきた諸化石群の構成を混合した形であり、また、杵島層全体の化石群集の構成(第16図S)に酷似し

注7) さきに筆者(1971)は、東部地域において、*Pitar* 群の構成を *Nucula* 群・*Saccella* 群の構成にちかいとみた。しかし、その後、南部の *Pitar* 群の構成をみると、同群は *Nucula* 群・*Saccella* 群のグループと、後述の *Cardium* 群および *Cardium-Pitar* 群のグループの中間的な構成をしめしている。したがって、*Pitar* 群は、どちらのグループの化石群に構成上、より近縁であるとはいえないようである。

ている。すなわち、混合群の構成は、散在型産状の群集中、もっとも平均的な構成を示すといえる。

稀少産の属のなかでは *Volutoospina*, *Makiyamaia*, *Pholadomya* が、この群によく随伴し、*Mammilla* の随伴は稀である。

以下に説明する群は、産地数が比較的少なく、*Nucula*, *Saccella*, *Cardium*, *Pitar* の主要化石種以外で、普通、4～5%ていどしか産しない種が、局部的に数10%も高い比率で卓越している群である。これらの化石群には、主要4化石種が、平均して各10%以下の比率でしか含まれていない。以下にのべる3群は、これまでのべてきた諸群に比較して、地域的・層序的に限定された分布をなしている。

Angulus群 (第16図O・P) : この群は主として北部に産し、南部には産していない。*Angulus* が40%近く産することで特徴づけられ、*Saccella*, *Nucula*, *Cardium*, *Pitar* が少ない群であり、混合群に *Angulus maximus* の多産が加わった構成を示す。他の群にくらべて構成種数が少ないこと(10種以下、第6表参照)、*Turritella karatsuensis* をほとんど含まぬこと(1%以下)、*Cyclina* をよく伴うこと(平均7%強)もまた、この群の特徴である。

稀少産の属でこの群に伴うものは比較的少なく、なかでも *Makiyamaia*, *Solen* はこの群にほとんど産しない。一方、散在型産状の化石群集中にはきわめて稀な *Ostrea sakitoensis* が、北部の産地82の同群にかなり高い比率で含まれている。他の産地の *Angulus* 群には *Ostrea* が含まれないので、上記地点における *Ostrea* の産出は、ごく局部的な現象とみなされる。

Dentalium群 (第16図R) : *Dentalium* が20～30%以上産し、主要化石種の *Saccella*, *Nucula*, *Cardium*, *Pitar* が各5～10%ていど産する群である。このほか、*Acila*, *Angulus*, *Cyclina* が普通に産する。稀少産の属のなかでは、*Mammilla*, *Siphonalia?* *Makiyamaia* がこの群によく随伴する反面、*Solen* はほとんど産しない。

Acila群 (第16図Q) : 混合群に似た構成に、*Acila* が20～30%の比率で加わった構成を示す群である。普通に伴う属は *Turritella*, *Saccella*, *Nucula*, *Cardium*, *Pitar*, *Angulus* などである。*Crassatellites* は、他の化石群よりもこの群にめだってよく随伴する。一方、*Dentalium*, *Cyclina* は、この群において、もっとも産出が少ない。稀少産の属のなかでは *Orectospira*, *Siphonalia?*, *Solamen* がこの群によく伴っている。

以上説明した化石群のほか、単体サンゴが多数含まれる化石群がある。すなわち、北部の産地62・74および78の化石群がそれである。この群は、単体サンゴが二枚貝・巻貝と共に多産する構成を示し、産状はおおむね密集型である。しかし、構成からみた場合、サンゴ群は密集型産状の化石群集よりも、散在型産状の化石群集に類似する。この群については、産地・個体数ともに不足しているので、ここでとくに説明しないが、第17図Aおよび第7表には、**サンゴ群**として図示した。なお、北部の産地62では、サンゴが54%の比率を占め、*Ostrea* が19%で含まれるほか、*Cardium* および *Pitar* が各7～10%ていど含まれており、構成上、同産地のサンゴ群は、*Ostrea* 群と *Cardium-Pitar* 群の中間的構成にサンゴが加わった形を示している。

V. 4. 2 密集型産状の化石群集

以上にのべた諸化石群は、散在型産状の化石群集に属し、構成上、複数の化石種からなる化石群であ

った。これらの諸群の構成員は共通種からなることがおおく、ただ、種の個体数の産出頻度に大きな差がみられるにすぎない。

これに対して、以下にのべる *Turritella* 群と *Ostrea* 群は、密集型産状を呈し、ほとんど単一種から構成される群である。これら2群が、構成上、上記の複数構成員からなる化石群に漸移することはほとんどなく、それぞれ独立した構成を形成している。

***Turritella*群** (第16図T) : *Turritella sakitoensis* が、最低60%、通常90%以上を占める群で、わずかに *Cardium*, *Pitar*, *Dentalium*, *Crassatellites*, *Ostrea* その他 2~3 の巻貝を含むことがある。同群を採取したのは、わずか5産地にすぎないが、第9図をみるとおり、多くの試錐記録から、同群の密集層が東部を中心に広範囲にわたって連続することがわかっている。

***Ostrea*群** : ほとんど *Ostrea sakitoensis* の破片だけで構成される。場所によって *Turritella sakitoensis*, *Chlamys sakitoensis* あるいは *Pitar*, *Cardium* を含むことがあるが、その他の種を含むことは、ほとんどない。なお、本地域の地表では、地層の露出関係から、この群は数カ所の露頭でしか観察できなかった。しかし、東部における数本の試錐コアで、*Ostrea*群の存在を確認したほか、いくつかの他の試錐記録にその存在が残されている。

V. 5 化石群の層序的・地域的分布

前項で記述した各化石群の分布は、A層に分布する *Ostrea* 群をのぞいて、B・D両層にほとんど限定される。さらにB・D両層内における化石群の分布は、層序的・地域的に偏在している。第17図A・Bは、化石群の分布範囲を模式的に示した図である。

V. 5. 1 層序的分布

***Nucula* 群** : 北部・東部のB層下部、および南部・西部のD層上部に主として分布する。

***Saccella* 群** : 東部のD層中部に集中的に産する。

***Saccella-Nucula* 群** : *Nucula* 群の分布範囲と共通することがおおく、主として北部・東部のB層に分布する。

***Pitar* 群** : 主としてD層にひろく分布する。とくに、C層に接するD層の下限付近の泥岩中によく産する。また武雄では、D層上部の砂岩中に密集型産状をなして存在する。同群はB層にも産するが、D層に比較して少ない。

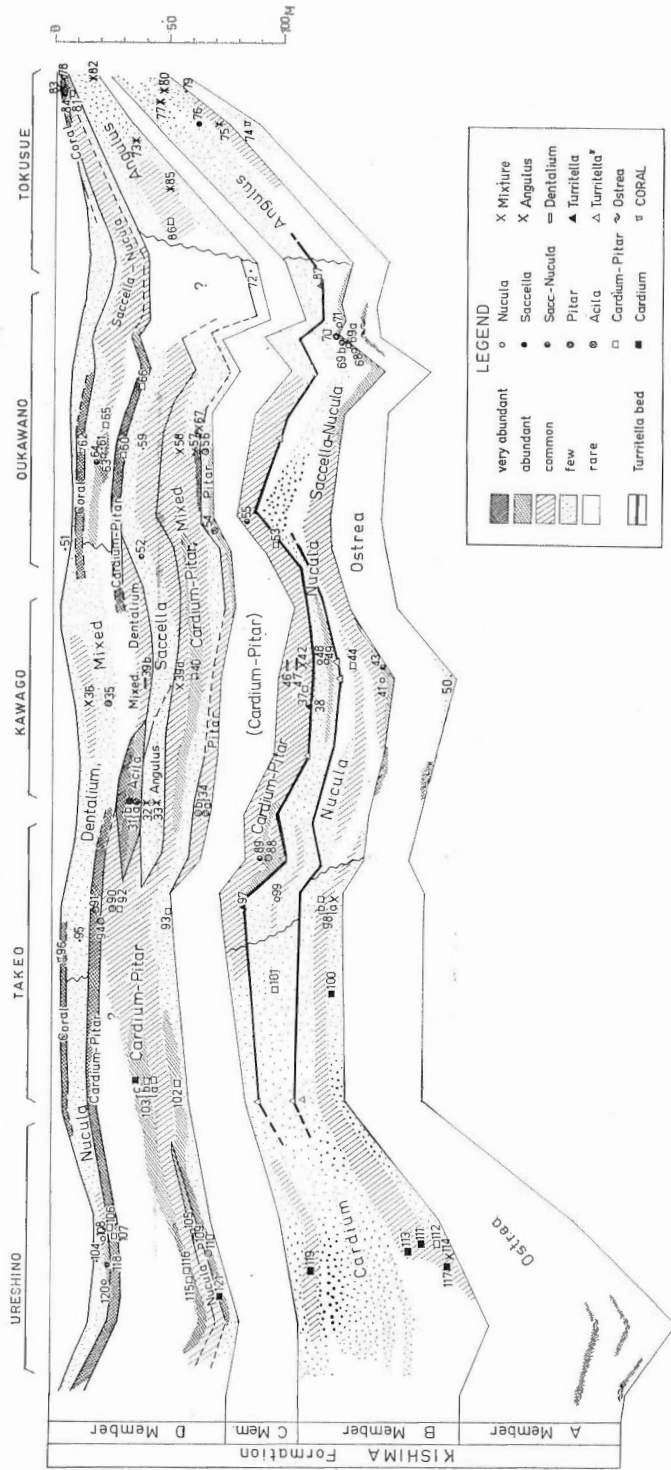
***Cardium* 群** : 南部のB層全般にわたって分布するほか、同地域のD層下部にも産している。

***Cardium-Pitar* 群** : 炭田全域を通じて、B・D両層にひろく分布する。とくに、北部以外の地域で、B層上部とD層下部に多く分布している。なお、川古付近の試錐資料によると、化石にとぼしいC層にも、同群に似た構成の化石群が局部的に産している。

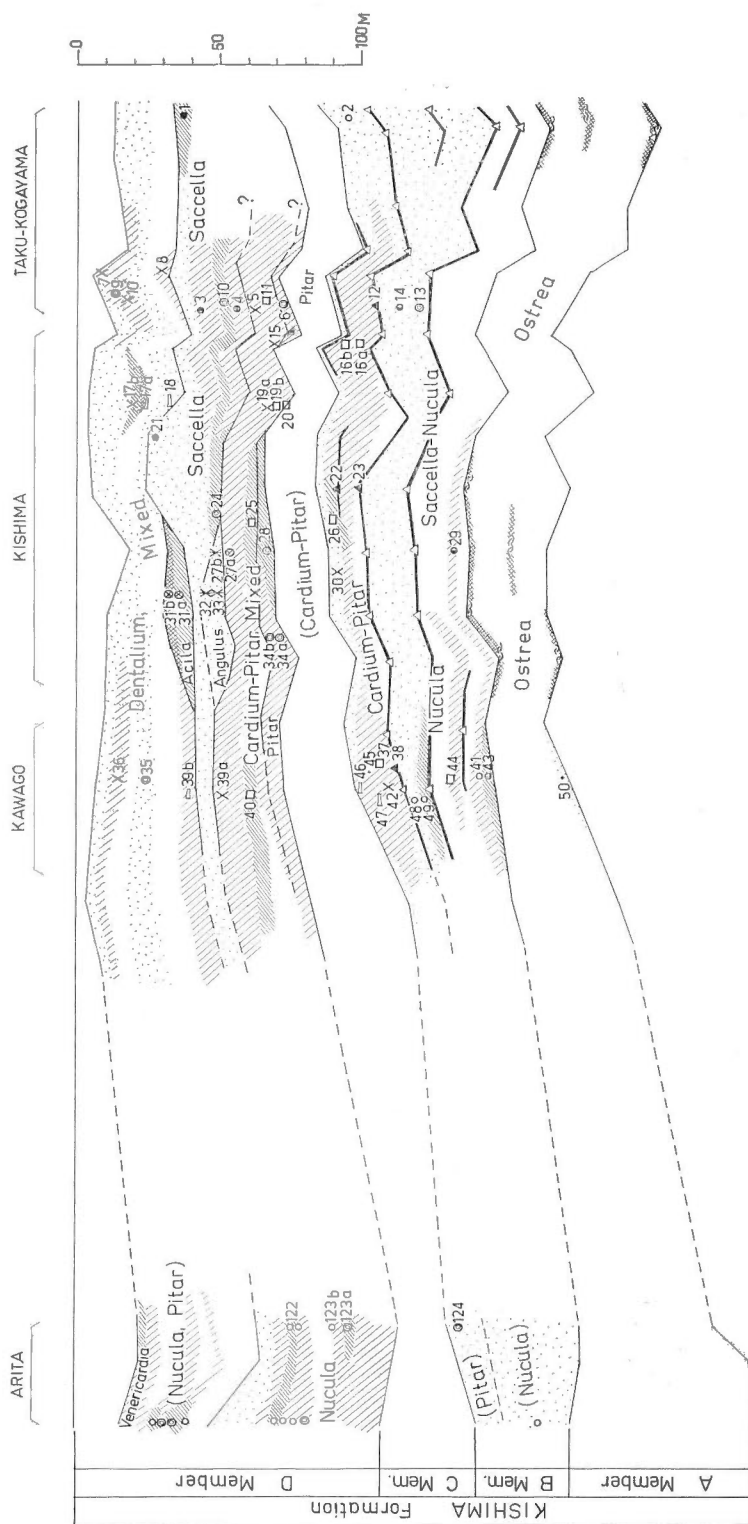
混合群 : 主として東部のD層下部および上部に分布し、同層中部には少ない。B層では、上部だけに産している。

***Angulus* 群** : 北部の徳須恵のB・D両層に集中的に分布するほか、東部のD層中部にも産する。

***Acila* 群** : 東部のD層中部に産するほか、大川野のD層下部にも産している。



第17図-A 杵島層における化石群の分布 (南北断面)
 Figure 17-A N-S cross-section showing occurrences of fossil assemblages and fossil facies of Kishima formation



第17図-B 杵島層における化石群の分布 (東西断面)
 Figure 17-B E-W cross-section showing occurrences of fossil assemblages and fossil facies of Kishima formation

サンゴ群：主としてD層の最上部に分布するほか，A層にも産している。

Turritella 群：B層に分布するが，稀に *Ostrea* 群と混在して，A層に産することがある（杵島地区東端の二本柳試錐コアの記録）。

Ostrea 群：ほとんどA層に限定される。A層のなかでも，基底礫岩付近の層準，および同層上限の礫質砂岩に多く産している。

以上を通じて，杵島層内の層準決定に有効な化石群を列記すると，つぎのとおりである。

Ostrea 群—A層，*Turritella* 群—B層，*Cardium* 群—B層，*Nucula* 群—B層下部（大川野付近・東部）およびD層（南部・西部），*Saccella* 群—D層中部，*Acila* 群—D層中部，サンゴ群—D層最上部。

V. 5. 2 地域的分布

Nucula 群：徳須恵をのぞいて，全地域に分布する。

Saccella 群：東部の多久—古賀山と北部の大川野付近に限定され，南部・西部には産していない。

Saccella-Nucula 群：北部および東部に分布する。

Cardium 群：南部の嬉野に産し，他地域にはみられない。

Cardium-Pitar 群：全地域に分布する。

混合群：全地域に分布するが，とくに東部に多く産している。

Angulus 群：徳須恵付近に主として分布するほか，杵島—川古間の一帯でも産する。

Acila 群・*Dentalium* 群：東部に分布する。

サンゴ群：北部および武雄付近で産し，東部では発見されない。

Turritella 群：東部を中心として，大川野付近および武雄付近まで分布しており，徳須恵・嬉野・有田には分布しない。

Ostrea 群：東部および南部で産している。

以上を要約すると，つぎのとおりである。

地域的に広範囲に分布する化石群：*Nucula* 群・*Saccella-Nucula* 群・*Cardium-Pitar* 群・*Turritella* 群，

主として1地域に分布する化石群：*Cardium* 群（南部）・*Saccella* 群（東部）・混合群（東部）・*Angulus* 群（北部），

1地区には限定される化石群：*Acila* 群（杵島）・*Dentalium* 群（川古・杵島）。

V. 5. 3 化石相^{注8)}と岩相区分の関係

化石群の分布から杵島層をみた場合，岩相区分と化石相の関係，および化石相間の地域的なつながりの関係は第7表に示され，第17図A・Bには，化石相の層序的・地域的ひろがりの範囲が模式的に示されている。化石相間の境界は，境界が岩相区分の境界と一致している場合をのぞいて，実際上は明瞭でない。

A層：*Ostrea* 相ないし貧化石相である。

注8) ある特定の化石群の産出によって特徴づけられる地層の範囲を，仮りに化石相と称する。

第7表 杣島層内における化石相間の関係
 Table 7 Geographical and stratigraphical relations between fossil assemblages within Kishima formation

Lithological div.	Inoue, E. (1971)	Kishima group			Northern part
		Western part	Southern part	Eastern part	
A member	D 8	poor	coral	poor	coral
	D 7	Venericardia	Nucula	Dentalium, Mixed assemblage	Sacella, Nucula
	D 6	Nucula, Pitar	Cardium - Pitar	Acila } Angulus } Cardium - Pitar } Mixed assemblage } Pitar	Cardium - Pitar
			?		
	D 5	Nucula	Cardium - Pitar	Angulus	Angulus
	D 4'	Nucula	Cardium - Pitar	Cardium - Pitar	Angulus
	D 3				
	D 2				
	D 1				
	C	C	poor, (Cardium - Pitar)		
B member	B 2	(Pitar)	Cardium-Pitar	Cardium-Pitar	Angulus
	B 1	(Nucula)	Cardium	Nucula, Sacella - Nucula	Purporetella
A member	A		poor, Ostrea		

B層：徳須恵付近ではB層を通じて *Angulus* 相であり、この相は化石産出量が少ない。東部においては、B層下部は *Nucula* 相・*Sacella-Nucula* 相からなり、上部は *Cardium-Pitar* 相・混合群相である。またB層を通じて *Turritella* 相ともいえる。南部のB層は *Cardium* 相で代表される。

C層：全域を通じて貧化石相であり、稀に *Cardium-Pitar* 群に似た構成の化石群を産している。したがって第17図および第7表にはカッコで *Cardium-Pitar* 相として示している。

D層：有田化石帯（長尾，1926）と称される富化石帯を含み、B層に比較して、化石群の分布が複雑・多様である。さきに筆者（1971）は、東部において、D層に8化石相を認めたが、本研究では、地域間の化石相の対比を考慮して、化石相を若干整理した。

北部の徳須恵付近では、D層下部は *Angulus* 相である。D層上部は厚さわずか10mの範囲に *Cardium-Pitar* 相・*Sacella-Nucula* 相およびサンゴ相が認められる。これら3相は、南部の *Nucula* 相・*Cardium-Pitar* 相およびサンゴ相にそれぞれ対比される。

東部ではD層最下部は *Pitar* 相であり、その上位は *Cardium-Pitar* 一混合相となっている。この相は、南部の *Cardium-Pitar* 相につながると考えられる。D層中部は、杵島地区東部と多久一古賀山では *Sacella* 相であり、杵島地区西部から川古にかけては、*Angulus* 相・*Acila* 相となっている。この *Sacella* 相は徳須恵および南部ではみられない。D層上部は *Dentalium* 相・混合相である。この層準に北部と南部では *Cardium-Pitar* 相が存在するが、東部ではまだ発見されない。D層最上部は貧化石相である。

南部では、D層下部は *Cardium-Pitar* 相である。嬉野では、この相にはさまれて *Nucula* 相が存在する。*Nucula* 相の層準は、東部の *Sacella* 相よりも下位と推定される。D層上部は *Cardium-Pitar* 相と *Nucula* 相であり、後者は前者よりも層序的に上位を占める。*Cardium-Pitar* 相は、細粒～中粒砂岩に含まれる *Cardium-Pitar* 群の密集型産状で特徴づけられ、この密集層は嬉野・武雄の両地区における地層対比に役だつ。D層最上部は、嬉野では貧化石相、武雄ではサンゴ相ないし貧化石相である。

試錐コアにおける化石相の検討：上にのべた化石相の層序関係は、地表の露頭の記録にもとづいて組立てられたものであるため、杵島層が露出していない地域では、化石相の層序がどのようになっているかを知る必要がある。したがって、杵島層の露出がない地域で実施された試錐のうち、筆者が直接コアを検討する機会があった2試錐について、以下に説明する（第18図）。

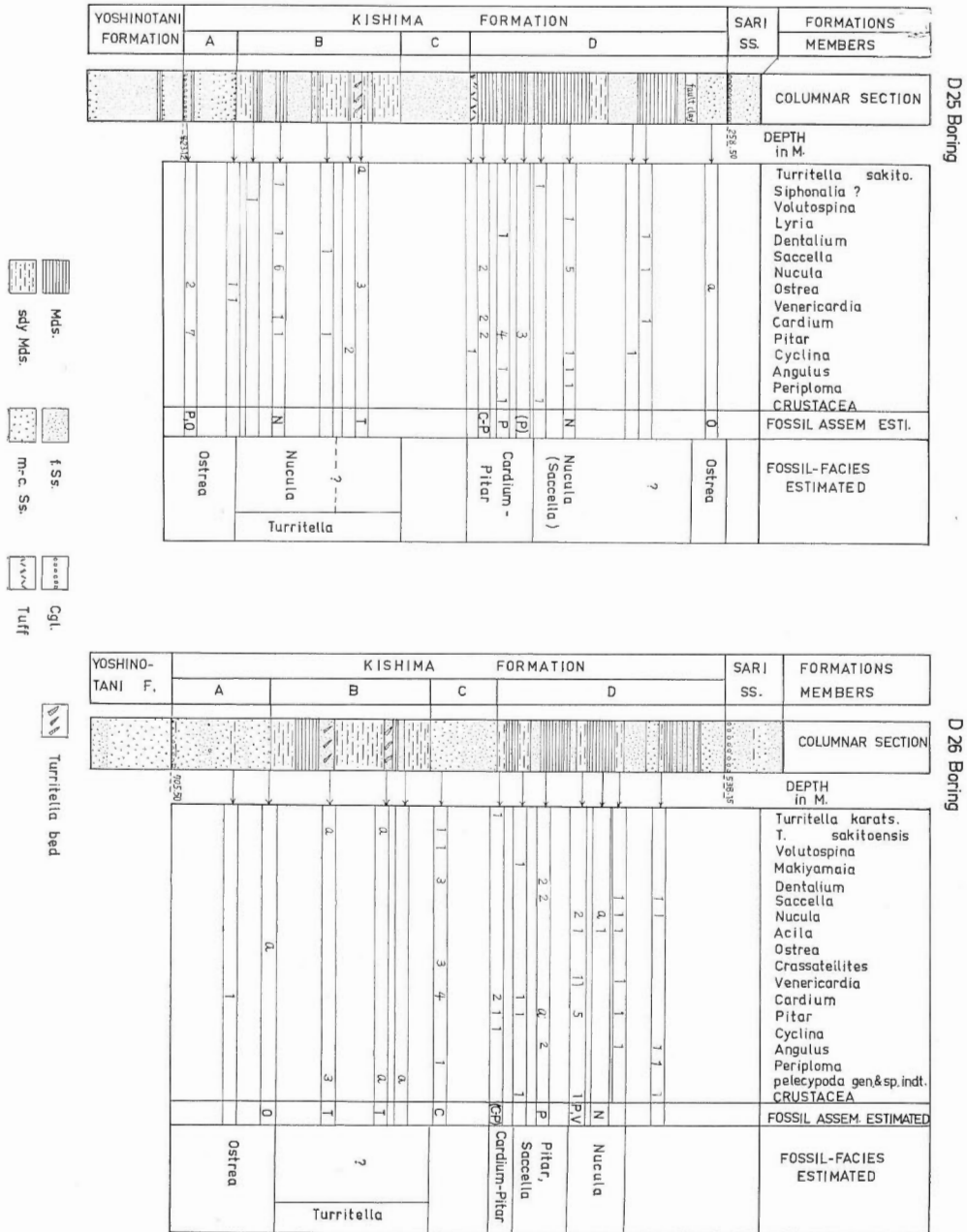
試錐D25（明治佐賀鉱業所試錐12号）は川古・多久一古賀山両地区の中間地点、試錐D26（同鉱業所11号）は大川野・多久一古賀山両地区の中間地点にそれぞれ位置する。

地表の露頭に比較して、径5.5cmの小さなコアに産する大型動物化石の個体数はきわめて少ないが、あるていど、化石群の構成を推定することはできる。第18図をみるとわかるように、D26試錐のA層には *Ostrea* 群を産するほかは、化石がとぼしい。D25試錐でもA層は化石にとぼしいが、基底礫岩中に *Pitar* が *Ostrea* とともに産しているのが注目される。しかし、両試錐を通じて、A層は *Ostrea* 相ないし貧化石相とみなされる。

B層についてみると、両試錐ともに1～2枚の明瞭な *Turritella* 密集層が認められる。D25試錐では、B層下部に *Nucula* 群と推定される化石群が産し、これは東部B層下部における *Nucula* 相に相当すると考えられる。しかし、D26試錐では、*Turritella* のほかは化石にとぼしい。

第18図 川古・多久間の2試錐コアにおける杵島層の動物化石産出。D25, 明治佐賀鉱業所猪鹿12号試錐; D26, 同池11号試錐

Figure 18 Sections showing fossil occurrences from cores of two borings carried out at the district between Kawago and Taku



C層は、両試錐ともに化石にとぼしい貧化石相であるが、D26試錐では、同層下部において *Cardium* 群と推定される化石群がある。これは他の試錐記録における *Cardium-Pitar* 群に対比されよう。

D層は、両試錐ともに化石を多産している。両試錐を通じて、D層下部は *Cardium-Pitar* 群・*Pitar* 群に似た化石群が産し、これは東部のD層下部の化石相の層準に一致する。D層中部の *Nucula*群の存在は、東部の *Saccella* 相に対応する層準を示すものと推定される。

D層最上部の砂岩について、D25試錐では *Ostrea* 群が産し、これは北部の産地62の *Ostrea* を含むサンゴ相に相当する層準ではないかと思われる。一方、D26試錐では、D層最上部に化石を産していない。

以上を通観すると、コアに産する化石個体数が少ないとはいえ、D25・D26両試錐の化石相の層序は、東部の地表における化石相の層序に大体において一致しているとみられる。

西部有田の化石相 (第19図)：西部では有田をのぞいて杵島層が露出せず、有田付近でも、B層の上部以上の杵島層が小範囲に露出するにすぎない。したがって、同地域の杵島層の化石相の層序を知るには、試錐資料によらねばならない。

有田西方の地点で行なわれたH14試錐^{注9)}のコアを検討した結果は、第19図に示される。これによると、

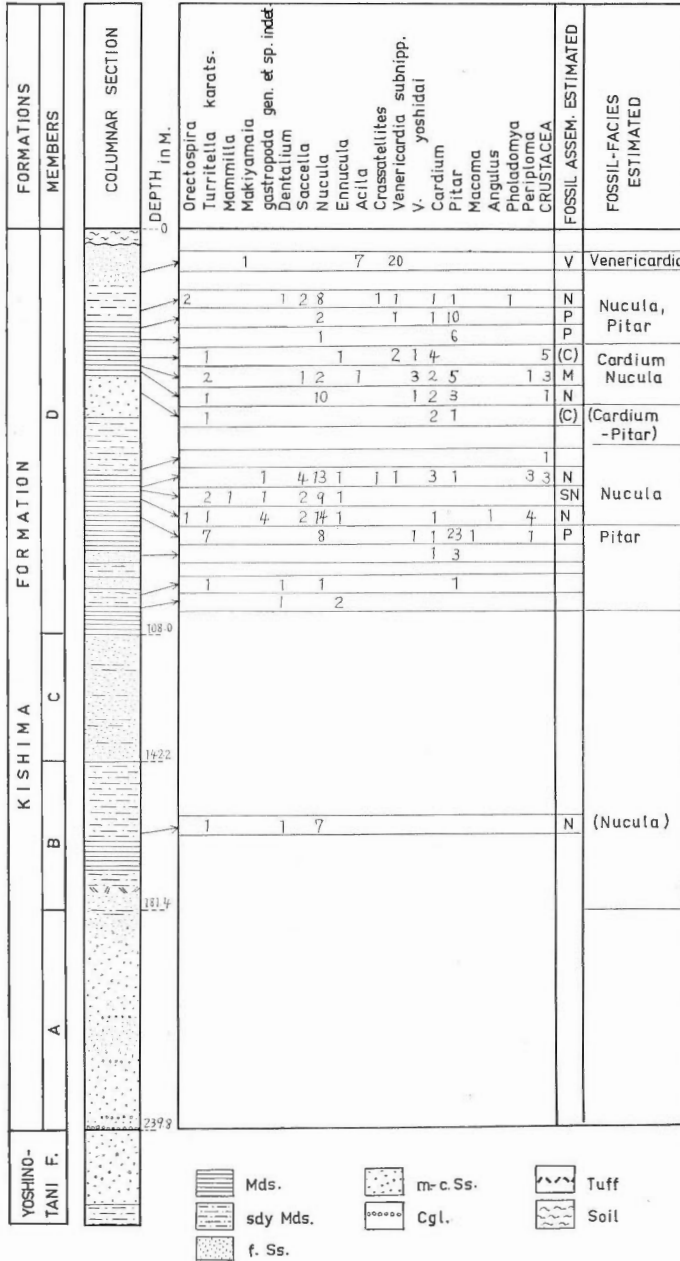
- 1) A層は化石にとぼしく、*Ostrea* 群は産していない。
- 2) B層は一般的に化石が少なく、産した化石群は *Nucula* 群に類似する。またB層には *Turritella* 密集層は存在しない。
- 3) C層は化石にとぼしい。
- 4) D層はB層に比較して、ずっと化石が豊富である。
- 5) D層下部・中部には *Nucula* 群・*Pitar* 群に類似する化石群が産する。
- 6) D層上部には *Nucula* 群・*Pitar* 群・混合群・*Cardium* 群に似た構成の化石群が産しており、とくに前2群が優勢である。
- 7) D層最上部砂岩は化石にとぼしい。同砂岩の直下から、*Venericardia subnipponica* の密集産出がある。

以上の諸事実から、有田の化石相を他の地域と比較すると、

- i) B層には *Turritella* 密集層がないこと、および化石が少ないことから、有田のB層は、嬉野の同層に類似する。
- ii) D層下部・中部の *Nucula* 群を産する層準は、嬉野のD層下部の *Nucula* 相に関連があると思われる。
- iii) B・D両層を通じて、有田では他地域よりも *Nucula* 相が優勢であり、*Cardium-Pitar* 相が少ない。
- iv) *Venericardia* 密集層は、唐津炭田の他地域には発見されない。この密集層と同様の産状の *Venericardia*群が、佐世保炭田南部の下小高島試錐に現われた杵島層の上部から報告されている(井上, 1963)。

以上からみて、有田の化石相は、北部・東部よりも、南部の嬉野における化石相に類似するが、さらになお、有田独自の化石相も存在するといえる。

注9) 新報国炭鉱有田試錐。



第19図 有田西方の試錐コアにおける杵島層の動物化石の産出
 Figure 19 Stratigraphic succession of fossil assemblages from cores of a boring at Arita in western part

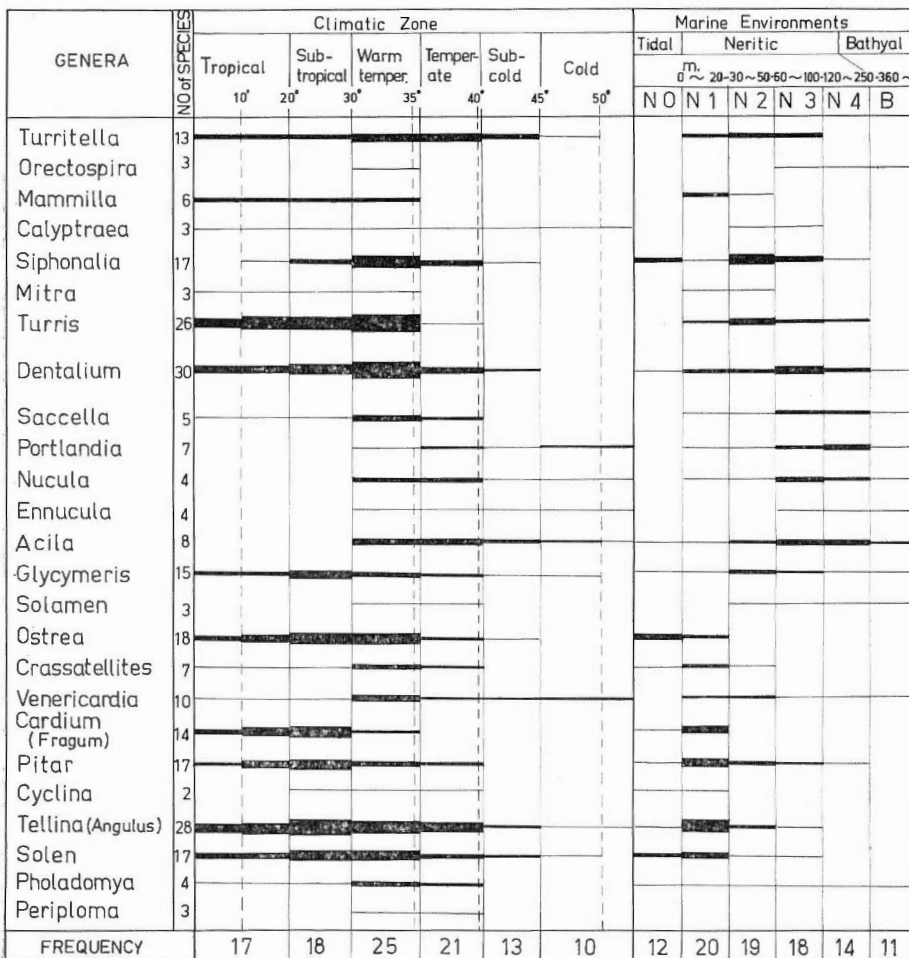
V. 6 化石群の特性曲線

V. 6. 1 特性曲線の応用について

構成が異なる諸化石群の杵島層内における分布の偏在は、杵島層堆積当時の動物の生息環境の時間的

- 地域的变化に、動物遺骸の運搬・埋没・変質などの堆積学的作用が加わった結果を反映していると考えられる。したがって、杵島層の化石群の分布偏在の原因を追求するためには、多方面にわたって古生態学的・堆積学的な検討を十分に行なう必要がある。しかし、ここでは単にひとつの試みとして、現生貝類の生態的水平・垂直分布記録との機械的な類推から、化石群の水平・垂直分布を決定し、この分布が杵島層の岩相変化および杵島層の化石群の分布にどのような関係をもつかをしらべた。

杵島層の諸化石群の水平・垂直分布を知るために使用した方法は、伊田一善(1956)・生越忠(1961-1968)によって創始され、発展した特性曲線(水平分布についてはHDM曲線、垂直分布についてはVDM曲線)の方法である。この方法は、化石群を構成する種それぞれについて、それらの現在の水平(地理的)分布・垂直(水深)分布の範囲をしらべ、どの分布範囲が化石群にもっとも多く出現するかを知る方法である。特性曲線の使用ならびに解析結果の解釈については、さまざまな制約と限界があり、また古第三紀以前の化石群の解析には、ほとんど使用された例がないことから、この方法を杵島



第20図 現生貝類の水平・垂直分布

Figure 20 Horizontal and vertical ranges of genera of modern shells living in the sea around Japan

層の化石群の解析に使用するについて疑問がないではないが、特性曲線が化石群を量的・客観的に解析できる点にかんがみ、あえてこの方法を試みた。

本研究において、特性曲線の応用に際しては、若干の修正をほどこしている。すなわち、現生貝類について、種でなく属の水平・垂直分布に根拠をおいたこと、および、化石群について、種数でなく、個体数にもとづいた特性曲線を作成したこと、以上の2点である。その理由として、前者については、杵島層の化石群集には、現生貝類との共通種がなく、属の水準でしか共通しないこと、後者については、杵島層の諸化石群は、従来特性曲線が試みられてきた新第三紀の化石群に比較して、種数がきわめて少ないことなどの事情があげられる。

V. 6. 2 特性曲線の根拠としての現生貝類の分布 (第20図・第21図)

杵島層の化石群集の全構成員は、属のレベルで現生貝類と共通であるが、種のレベルでは共通でなく、また、現生種との類縁関係がもとめられた化石種は、ほとんど含まれていない。したがって、杵島層の化石群集の特性曲線を得るためには、現生貝類の属の水平・垂直分布を利用するより方法がないと思われる。

現生貝類の属の水平・垂直分布の範囲は、属に含まれるすべての種の分布を総括することによってもとめられる。第20図は、杵島層の化石と共通な現生貝類の属の水平・垂直分布を示したものである。図中、範囲を示す線の厚薄は、種の出現頻度に比例させてある。同図作成の基礎とした資料は、これまでにわが国で公表され、かつ、比較的まとまった資料、すなわち、黒田徳米・波部忠重(1952)・波部(1951, 1961)・波部・伊藤潔(1965)・波部・小管貞男(1966)・吉良哲明(1962)・石山尚珍(1966, 1970 a-b)の資料である^{注10)}。

第20図からわかるように、現生貝類には、属の水準でみて、水平・垂直分布が、あるせまい範囲におさまる例(*Ostrea* は上浅海帯以浅、*Fragum* は暖水域など)がある一方、属としての分布が広範囲にわたるものがある。後者の場合、可能性からみて、大部分の種が分布する範囲を、その属の分布範囲とみなすことが適当と考えられる。すなわち、第20図でいえば、種の出現頻度が高い部分、すなわち厚線の部分が、その属の大体の分布範囲とみなされる。

具体例を示すと、第21図は、上記の資料から、属別にチャートを作成したものである。同図をみるとわかるように、*Turritella* の水平分布は北緯50度以南、すなわち、寒帯から熱帯まで広範囲にわたっているが、北緯41度以北の寒海に生息するものは2種にすぎず、しかも、これらは銚子以南の暖海にも分布している。他の10種は、すべて津軽海峡以南の暖海に分布する。このことから、*Turritella* 属の水平分布は、熱帯から温帯の海域までと規定する。*Turritella* の垂直分布についてみると、記録に現われた4種すべてが、上浅海帯から亜浅海帯に分布するので、属としての分布は、上浅海帯—亜浅海帯と規定する。

Siphonalia についてみると、同属の水平分布は熱帯から亜寒帯にまでおよんでいるが、同属17種中、

注10) 以上の資料には、北太平洋および南太平洋における貝類の分布記録も含まれているが、記録の大部分は日本周辺海域に偏している。また、遠洋ならびに大陸斜面・深海底に関する記録も、沿海・浅海底に関するものより、はるかに少ないようである。したがって、このような記録から得た属の水平・垂直分布の範囲は、今後、記録の追加蓄積によって、若干、北および南へ、あるいは深部へ延長されるであろう。

亜寒帯以南だけに分布するもの2種（ただし暖海にも分布）で、他の13種は、温帯以南の暖海、とくに種子島から銚子にいたる海域に分布している。以上から、各帯における種の出現頻度と誤差の許容範囲を考慮して、同属の水平分布範囲は亜熱帯から温帯までと規定して、特性曲線作成のための基準にもちいた。同属の垂直分布についても、上記と同じ方法で潮間帯—亜浅海帯と規定した。

以上と同様に処理して、杵島層の化石群集の構成員に共通する現生貝類の属について、特性曲線作成の基準としての分布範囲を決定した。

現生属の分布範囲の決定において、化石種 *Cardium kishimaense* に対応する現生属として、大山桂・水野篤行・坂本亨（1960）にしたがって、*Fragum* をもちいた。また、巻貝 *Makiyamaia*, *Angulus* に属する種は、上記の記録では1~2種にすぎないため、ここでは、それぞれに近縁な属 *Turris* と *Tellina* の分布を併用している。

環境区分について：ここで使用している環境区分について、水平分布は石山（1966）の例にならって、熱帯（T）・亜熱帯（ST）・暖帯（WT）・温帯（TE）・亜寒帯（SC）・寒帯（C）の6気候帯に区分した。垂直分布については、大山（1952）によって示された区分、潮間帯（N0）・上浅海帯（N1）・中浅海帯（N2）・亜浅海帯（N3）・下浅海帯および半深海帯（N4）・中深海帯以深（B）にしたがっている。

V. 6. 3 化石群の特性曲線の傾向（第22図）

各化石群の特性曲線は、第22図に示される。1組の図で、左図は水平分布をあらわす HDM 曲線、右図は垂直分布をしめす VDM 曲線である。

まず、第22図全体を通じて概観すると、同種類の化石群でも、地域によって曲線に微妙な差が現われているが、その差は異群間にみられる曲線の形の差にくらべて、一般に小さい。すなわち、同種類の群に属するが、異なった地域で産する2群は、多少の構成上の差はあっても、特性曲線の形には、異群間ほどの差がみられない。

化石群間における特性曲線の差異は、杵島層全体を総括した化石群集の平均的な特性曲線（第22図A）を仲介として比較すればわかりやすい。

水平分布についてみると、各化石群の特性曲線は、いずれも暖帯（WT）か温帯（Te）にピークがあり、そのピークも大体25~30%の間におさまっている。したがって、各化石群の暖帯と温帯の比率は、化石群間の特性曲線の差を識別するうえに役立たない。差の識別に有効であるのは、熱帯・亜熱帯・亜寒帯の各比率であり、これらは化石群間でかなりのバラッキがみられる。

垂直分布についてみると、垂直分布特性曲線は、水平分布特性曲線よりも、化石群間で多様性がみられる。しかし、ピークはいずれの化石群においても上浅海帯（N1）あるいは中浅海帯（N2）にあって、それぞれ20~30%前後の比率を示す。したがって、各化石群間の垂直分布特性曲線の差を識別するには、ピークの位置、亜浅海帯（N3）・下浅海帯（N4）・深海帯（B）の各比率の大小を比較する必要がある。

散在型産状の化石群集の特性曲線：*Nucula* 群と *Saccella-Nucula* 群（第22図B・C）は、水平分布特性曲線において、熱帯・亜熱帯要素の比率がいずれも20%以下であり、*Saccella*・*Acila* 両群をの

ぞく他の化石群にくらべて5~10%ていど低いこと、亜寒帯要素の比率が10%台で、他の群にくらべて高いことに特徴がある。なかでも *Nucula* 群は、*Saccella-Nucula* 群にくらべて亜寒帯要素の比率が高い。以上のべた特性曲線の特徴は、杵島層の化石群集の平均的特性曲線と比較してみると理解されやすい。すなわち、*Nucula* 群 *Saccella-Nucula* 群の特性曲線は、平均的な特性曲線（第22図A）よりも寒い方に偏した分布を示している。

Saccella 群の水平分布特性曲線は、温帯にピークがあることで特徴づけられる。しかしこの曲線は、熱帯要素の比率が低いことからみて、他の群よりも *Nucula* 群 *Saccella-Nucula* 群に近い分布とみられる。

以上の3化石群の垂直分布についてみると、特性曲線の形は、3群に共通した類似の形を示す。すなわち、中浅海帯にピークがあり、下浅海帯と深海帯要素の比率がそれぞれ15~20%であり、他の群よりもかなり高い比率といえる。

以上を要約すれば、*Nucula*, *Saccella-Nucula*, *Saccella* の3群は、暖帯ないし温帯、中浅海帯から亜浅海帯を示す特性曲線を有する。

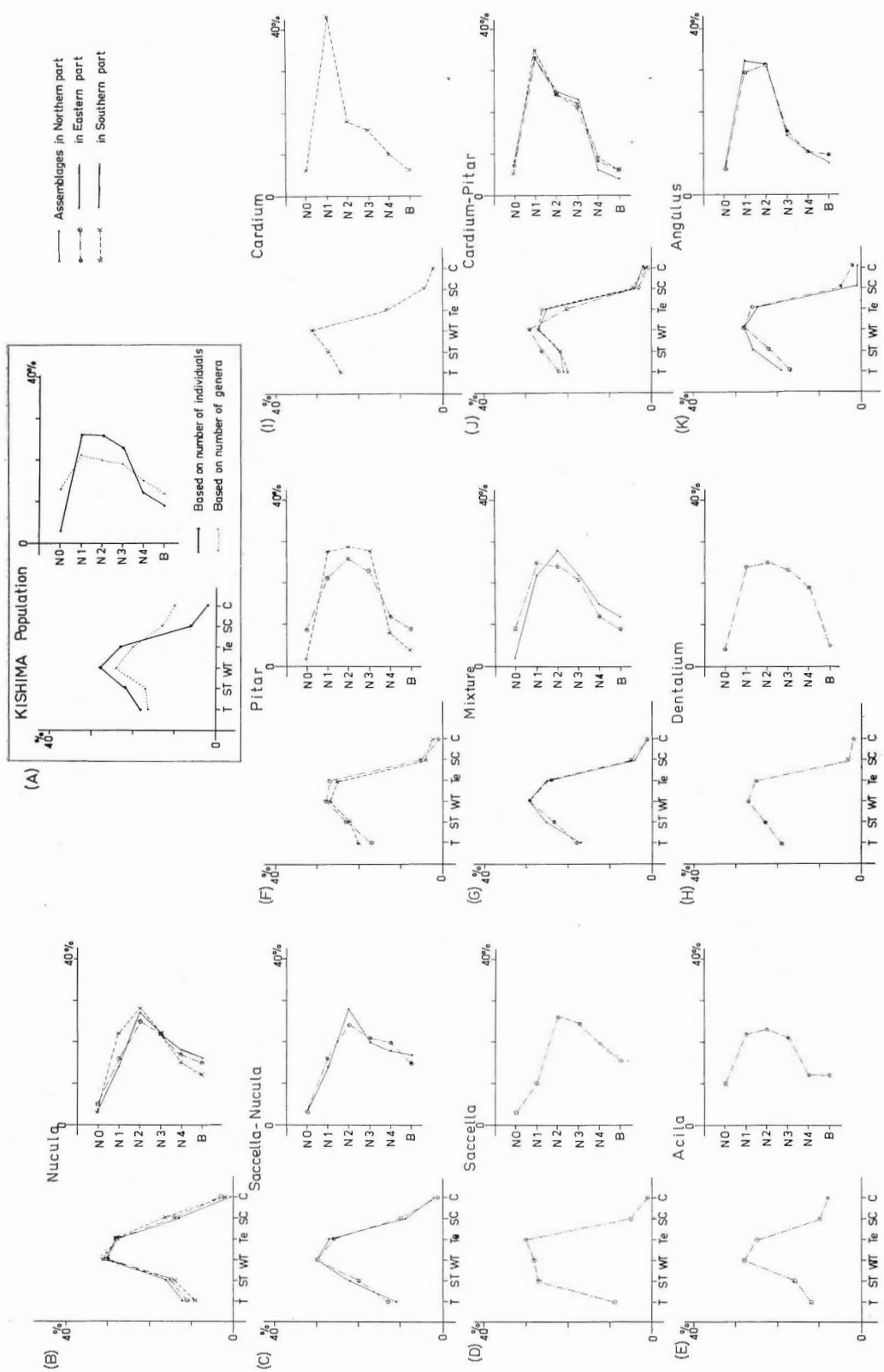
Cardium 群・*Cardium-Pitar* 群・*Angulus* 群の水平分布特性曲線（第22図I~K）は、熱帯要素が15~25%、亜熱帯要素が20~30%の比率であり、他の化石群、とくに *Nucula* 群・*Saccella-Nucula* 群・*Saccella* 群よりも、かなり高い比率を示すことに最大の特色がある。亜寒帯・寒帯両要素の比率は、*Nucula* 群などよりはかなり低い。

垂直分布についてみると、*Cardium* 群・*Cardium-Pitar* 群では、上浅海帯にいちじるしいピークがあり、中浅海帯以下の要素との間に大きな差がみられる（15%以上）。この特性曲線の形は、他の化石群のそれらとは、かなり異なることが明らかである。これら2化石群の特性曲線は、ほぼ上浅海帯ないし中浅海帯を示す。

一方、*Angulus* 群の垂直分布は、上記2化石群のそれとは、やや形を異にしている。すなわち、同群の特性曲線のピークは上浅海帯または中浅海帯にあるが、両要素間の比率の差はわずかであり、両要素間の合計の比率は60%以上であって、他の要素との間には大きな差がある。このことから、*Angulus* 群の特性曲線は、上浅海帯から中浅海帯にかけての範囲を示し、*Cardium* 群、*Cardium-Pitar* 群の特性曲線の示す範囲とはほぼ同程度とみなされる。

Pitar 群・*Dentalium* 群・混合群の水平分布特性曲線（第22図F-H）は、*Nucula*, *Saccella-Nucula*, *Saccella* の3化石群の特性曲線にくらべて、亜熱帯と熱帯要素の比率が5~10%ていど高いのに対し、亜寒帯要素の比率が上記3化石群よりも5%以上低い。また、*Cardium*, *Cardium-Pitar*, *Angulus* の諸化石群と比較して、亜熱帯・熱帯両要素の比率が数%ていど低いが、亜寒帯・寒帯両要素の比率はほぼ同じである。以上から、*Pitar* 群 *Dentalium* 群および混合群は、*Nucula* 群などのグループと *Cardium* 群などのグループとの中間的な特性曲線を示すといえる。

Pitar 群・*Dentalium* 群・混合群の垂直分布特性曲線を見ると、上浅海帯と中浅海帯とにピークがあるものにとわかれ、前者では上浅海帯から下浅海帯にかけて要素が徐々に減少している。後者の場合には、中浅海帯を中心にして、上浅海帯と亜浅海帯の両要素の比率がほぼ同じである。いずれにせよ、上浅海帯から亜浅海帯までの各要素間の比率の差が小さいことが、これら3群の垂直分布特性曲線の特徴である。



第22図 杵島層の各化石群集の特性曲線。左側、水平分布曲線；右側、垂直分布曲線

Figure 22 Characteristic curves of fossil assemblages of Kishima formation. Left side, HDM curve; right side, VDM curve. T, tropical; ST, sub-tropical; WT, warm temperate zone; T, temperate zone; SC, sub-cold zone; C, cold zone; N 0, tidal zone; N 1, euneritic zone; N 2, mesoneritic zone; N 3, subneritic zone; N 4, bathyneritic zone; B, bathyal zone

以上のべた *Pitar* 群・*Dentalium* 群・混合群の水平・垂直分布の特性曲線は、杵島層全体の化石群集の平均的な特性曲線に酷似しており、曲線からみて、これら3化石群の水平・垂直分布は、ほぼ暖帯の中浅海帯付近の範囲を示している。

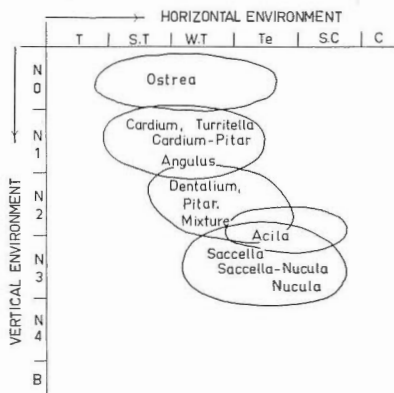
Acila 群の水平・垂直分布特性曲線(第22図E)は、*Nucula* 群などのグループと、混合群などのグループの特性曲線の間中型を示していることから、*Acila* 群の水平・垂直分布は上記2グループの化石群が示す分布の中間的範囲を占めると推測される。

密集型産状の化石群集の特性曲線：密集型産状をなす *Turritella* 群と *Ostrea* 群は、ほとんど単構成に近い化石群であり、両群について特性曲線をえがいても、その曲線は、それぞれ現生の *Turritella*, *Ostrea* の水平・垂直分布がほとんどそのままあらわれた形になることは明らかである。元来、特性曲線の有効性は、さまざまな種の異なった水平・垂直分布を重ね合わせることにより、化石群の水平・垂直分布が確率的に決められる点にあるので、ほとんど単一種からなる化石群について特性曲線をえがくことは意味がない。

Turritella 群の場合、その水平・垂直分布は、現生 *Turritella* 属の水平・垂直分布(温帯以南の上浅海帯～亜浅海帯)にはほぼ一致するが、同群に伴う化石が *Ostrea*, *Cardium*, *Crassatellites* (各0.7～1.0%) のように上浅海帯ないし潮間帯に多く生息する属であり、*Nucula* など深い水域にも生息する属を含めぬこと、同群を含む岩石が砂質であること、産状からみて同群が水流の影響をかなり受けたとみられることなどの事実から、*Turritella* 群の水平・垂直分布は、暖海の上浅海帯付近と推測される。

Ostrea 群については、現在の同属の水平・垂直分布が、主として暖海の潮間帯ないし上浅海帯であること、*Ostrea* 群の産状および周囲の岩石が、同群のごく浅い水域における堆積を暗示することから、*Ostrea* 群の水平・垂直分布は暖海の上浅海帯以浅とみなされる。

V. 6. 4 特性曲線が示す化石群の水平・垂直分布の要約(第23図)



第23図 各化石群の水平・垂直分布の範囲を示す模式図

Figure 23 Relative positions of fossil assemblages in paleo-environment

特性曲線によって機械的にみちびかれた諸化石群の水平・垂直分布を、模式的に要約したのが第23図である。同図において、熱帯(T)・亜熱帯(S.T)などの気候帯区分、潮間帯(N0)・上浅海帯(N1)などの海底環境区分は、化石群の水平・垂直分布をはかるひとつの尺度であって、たとえば *Nucula* 群の垂直分布が亜浅海帯(N3)に存在したという意味ではない。図にみられる各化石群の位置は、単に化石群間の相対的な水平・垂直分布の範囲を示すにすぎない。

同図をみるように、杵島層の化石群集は、潮間帯から亜浅海帯にかけて、および熱帯から亜寒帯にかけての範囲を占めている。この範囲のなかで、相対的に浅い方から深い方への順序を示すと、*Ostrea* 群, *Turritella* 群・*Cardium* 群・*Cardium-Pitar* 群・*Angulus* 群のグループ, *Dentalium* 群・*Pitar* 群・

Acila 群のグループ, *Saccella* 群・*Saccella-Nucula* 群・*Nucula* 群の順序を示す。

混合群のグループ、*Acila* 群、*Saccella* 群・*Saccella-Nucula* 群のグループである。これらの化石群の垂直分布における上下関係のうち、岩相その他から考えても、まず可能性が高いと考えられることは、*Ostrea* 群は他の化石群よりも浅い海域の指示者ということ、および *Cardium* 群のグループと *Nucula* 群のグループとの間に、垂直分布上の差があることである。混合群のグループおよび *Acila* 群の垂直分布は、上下の両グループとかなりの範囲を共有するので、確かな判断はできない。

水平分布についてみると、各化石群の分布範囲はほとんど重なり合っており、範囲を区別することが困難であるが、*Cardium* 群のグループは、*Nucula* 群のグループよりも、やや暖かい海域に偏していると思われる。

V. 6. 5 特性曲線からみた杵島層内の化石群分布の偏在についての解釈

杵島層内において、構成が異なる諸化石群が層序的・地域的に偏在して分布するのは、杵島層堆積当時の底棲動物の生息環境の差異と、動物遺骸の運搬・埋没・変質などの堆積学的作用との関連にその原因があると考えられる。しかし、いまここで、杵島層の化石群の分布を決定した諸要因について、逐一、古生態学的・堆積学的検討を行なうには、考察の根拠となる材料が不足しており、わずかに岩相と特性曲線から得られた化石群の水平・垂直分布があるにすぎない。

まず第1に、杵島層の化石群の分布の偏在が、実は見掛けの分布にすぎず、本来は杵島層を通じて化石群の構成における層序的・地域的な差はなかったのではないかという疑問が生ずる。これについては、統計学的処理における誤差—サンプリング計画・サンプリング方法・化石群の構成の識別などにおける誤差が考えられ、他は、動物遺骸が埋没までにうけた溶解・流失・移動・他の遺骸との混合および埋没後の変質・溶解が考えられる。前者については、本研究において統計的に十分な処理が行なわれたとはいえない。しかし、普通、1露頭の化石群中10%以下の個体数しか産しない *Angulus* が、場所によって40%以上も化石群に含まれ、このような構成の群 (*Angulus* 群) が北部に集中し、他地域にほとんどみられないこと、*Cardium* 群が嬉野付近に限られて分布すること、およびその他いくつかの例は、これらの地層における偏在が偶然であったり、あるいは人為的な誤差の結果であるとは考え難い。

後者の要因については、現在みられる化石群の構成員のうち、どれが他から混入したかを判断することは、場合によっては、それほど困難ではないかもしれないが、化石群から消失し去ったものを知るとは、非常に困難と考えられる。しかし、杵島層の化石群、とくに泥質堆積岩に産する散在型産状の各化石群の産状、および岩石にいちじるしい堆積構造の欠除からみて、少なくとも散在型産状の各化石群の分布の偏在は、水流その他による動物遺骸の移動・集積の偶然的結果とはいえないが、なおこれに関しては今後の古生態学的・堆積学的検討を必要とする。

化石群の分布の偏在を規定する第2の要因は、堆積当時の底質である。これについては、粗粒砂岩あるいは細粒砂岩に密集して産している *Ostrea* 群・*Turritella* 群は、泥岩に産する散在型産状の諸化石群とは、分布上、明瞭な一線を画しており、明らかに分布の偏在と岩相・岩質で推定される底質との間には関係があると思われる。しかし、それが厳密にいつて、底質と関係するののか、水深の差が底質の差にあらわれて、見掛上、底質と分布の偏在に関係があるようにみえるのかは、今後の検討を必要とする。

散在型産状諸化石群間では、*Cardium* 群・*Cardium-Pitar* 群がわずかに他の群よりもやや砂質の

ところに多く産している。しかし、他の化石群間では、岩質・岩相上の産出における差はほとんどみられない。したがって、散在型産状の化石群の分布の偏在は、底質とは別の環境要因に支配されたのではないかと推測する。

第3に考えられる要因は、水深・水温である。この2要因を間接的に示したのが、化石群の水平・垂直分布である。さきにも述べたように、*Ostrea* 群と他の化石群間、*Cardium* 群のグループと *Nucula* 群のグループ間には、それぞれ垂直分布における差が認められ、それぞれ前者が後者より相対的に水深が浅いという結果であった。このことは、*Ostrea* 群、*Nucula* 群のグループ、*Cardium* 群のグループの分布の偏在を説明し得るひとつの要因と考えられる。しかし、水深と水温は密接な関係があるので、いちがいに *Nucula* 群のグループが、*Cardium* 群のグループよりも相対的に深い水域にあったとは断言できない。両グループが杵島層堆積当時、ほぼ同様の水深にあり、前者は後者よりも冷水域に存在し、後者は相対的に暖水域に生息したと考えるならば、両者の分布の偏在は水深にではなく、水温に関係があるといえよう。いま、ここで、水深・水温のどちらが化石群の分布に大きな影響をおよぼしたかを決定することはできない。しかし杵島層の岩相変化の層序的・地域的傾向と化石群の分布との関連を考慮すると、浅い海域に当時、冷水が部分的に存在したことをうらづける証拠はさらにないのであって、したがって、ここでは、ひとまず、化石群の分布の偏在は、水深に関係があると解釈する。

また、上記グループ内の各化石群間、および両グループの中間的位置を占める混合群のグループについての分布の偏在は、これら間で水平・垂直分布に明らかな差が認め難いので、水深・水温の微妙な差、あるいは水深・水温以外の要素—光・水質・栄養素・酸素など—に支配された結果であろうと推測する。

以上のほか、化石群の分布の偏在に関係があると思われる外洋水・沿岸水の影響・内湾度・停滞水など、検討すべき多くの要因があるが、これらについては、今後の研究にまつことにする。

VI. 杵島層の堆積についての考察

これまでのべてきた杵島層の岩相・層厚の変化、および化石群集の水平・垂直分布から、杵島層の堆積に関して若干の考察を行なう。

VI. 1 堆積盆地の概要

杵島層の堆積盆地は、北西部九州全般の古第三系を展望すると理解されるように、唐津炭田の北方に古陸域をもち、炭田南西部にむかって開口した海湾状^{注1)}を呈していたと推定される。さらに湾口付近、すなわち、現在の西彼杵半島の位置に古島が存在したことは、崎戸松島炭田における佐里砂岩層相当層（徳万砂岩層）の基盤への覆へい現象（井上，1964）および高島炭田伊王島と長崎市東方における杵島層相当層の分布から推測される。

杵島層堆積盆地の北方の古陸域は、現在の背振山塊の位置にあって、ここから西方の呼子付近にむかっただけで、唐津・福岡両炭田の堆積盆地をへだてていたことが、従来の研究によって推定されている。古海岸線の位置は、巨視的にみて、現在、第三紀堆積層と基盤岩類とを境する断層線にそった付近に存在

注1) 松下 (1949) によって古と海湾入、水野 (1964) によって古不知火湾と称される。

したと考えられる。しかし、杵島層の岩相・層厚変化と化石群集の分布からみると、現在の断層線の位置からはほぼ等距離にある北部の徳須恵と、東部の多久一古賀山とでは、層厚・岩相・化石群集に若干の違いがあり、北部は東部に比較して、層厚が小さく、砂質堆積物に富み、かつ、東部より水深が小さいと思われる化石群 (*Angulus* 群) を含むことから、古海岸線は、東部では現在の基盤断層線よりも若干、北方に位置し、北部では断層線の位置からそれほどはなれていない位置にあったと推定される。

堆積盆地の東縁・南縁については、現在のところ、十分な推定の根拠となる地質学的事実を有していないが、松下 (1949)・水野 (1964)・岡本和夫 (1970) の古地理図を参考にして、堆積盆地の東縁は、唐津炭田東方の有明海底下に伏在する基盤岩の潜丘一筑後パーリヤ・峯の洲パーリヤ (菊池秀夫, 1963) 一付近にあり、堆積当時、これらの潜丘が南北にのびて古陸域を形成していたのではないかと考えている。

杵島層をはさむ上下の地層の堆積盆地に言及すると、相知層群芳ノ谷層の堆積盆地は、芳ノ谷層の層厚・岩相の変化、炭層の発達状況、崎戸松島炭田における杵島・芳ノ谷層相当層の堆積状況からみて、杵島層の堆積盆地に類似した形と範囲を有していたとみられる。

一方、杵島層上位の佐里砂岩層以上の地層の堆積盆地は、杵島層以前の堆積盆地よりも広範囲に拡大し、杵島層群の堆積がすすむにつれて、盆地が次第に西方へ傾動したことが、唐津・崎戸松島両炭田における杵島層群の岩相・層厚変化から推測される。

VI. 2 A 層の堆積

杵島層堆積前、芳ノ谷層上部の堆積盆地は、植物化石から、亜熱帯ないし暖帯の気候下にあったことが知られている (棚井敏雅・藤岡一男, 1967)。この堆積盆地は、芳ノ谷層堆積末期、南西部から川古付近までは海性環境下にあったが、北部では淡水ないし汽水環境であったことが、木原 (1955) によって推定されている。芳ノ谷層堆積の終末に、堆積盆地は相対的な上昇を示し、盆地縁辺部にあたる炭田北部では、同層の上部が一部陸化して削剝作用をうけた可能性がある。しかし、炭田全域にわたって芳ノ谷層上部が陸化して、削剝作用を大規模にうけたとは考え難い。

芳ノ谷層上部を基底礫岩で覆う杵島層最下部のA層は、岩相と化石相 (*Ostrea* 相) とからみて、芳ノ谷層上部の淡水性ないし汽水性環境 (南西部では瀬海性環境) からB層以上の浅海性環境に移行する時期の、瀬海性環境で堆積したと推定される。A層の粗粒砂岩には、炭化木片・炭質物がふくまれ、場所によって斜層理が発達すること、*Ostrea* を主とする二枚貝・巻貝の破片が密集して存在することなどの事実は、A層の堆積が、海水の動揺がはげしい極浅海底の環境で行なわれたことを示すものと考えられる。

さきにのべたように、当時の陸域は、炭田の北方に存在したと推定されるが、これは第10図に示される礫岩比の高い地域が炭田北部に偏在していることから裏づけられる。しかし、古海岸線からへだたった南部の嬉野付近でも、礫岩比がやや高く、砂岩の層厚が増大していることからみて、A層の堆積物のすべてが北方からの物質の供給によるのではなく、炭田の南方にも他の物質供給源が存在したのではないかという推測も無視できない注12)。

注12) 佐藤良昭 (1964) の唐津炭田における重鉱物の研究によると、杵島層の砂岩の主要重鉱物組成 (ジルコン-電気石-ざくろ石) は、徳須恵と有田とは若干異なっていて、両地域間の中間である武雄と川古付近 (桃川) の砂岩は、両地域の中間的な重鉱物組成を有する。これは、杵島層の堆積物の供給源が複数であることを暗示する資料となりうるであろう。

第10図の層厚変化からみると、A層の堆積量は、徳須恵—大川野—川古—久間の一帯で少ない。堆積量の大小が、ただちに盆地の沈降量に比例するとはいえないが、両者の間にはかなり密接な関係があると考えられるので、上記の一帯が、当時、沈降が小さい地域であった可能性もある。この堆積量が小さい一帯は、芳ノ谷層上部の堆積当時における堆積量が小である地帯にほぼ一致しており、A層の岩相が芳ノ谷層の岩相に類似することからみても、両層堆積当時の環境条件は、とくに川古以南西の地域において、それほど大きな差はなかったと解釈される。

Ⅵ. 3 B 層 の 堆 積 (第24図)

B層は、いわゆるグレイワック質の細粒～中粒砂岩と淘汰不良の泥岩との互層であること、泥岩には雲母片・植物片・炭質物に富み、層準によって泥灰質の団球を含むこと、泥岩には浅海性動物化石が多産することなどからみて、B層は浅海の堆積盆地で形成されたものとみなされよう。A層の岩相と比較して、B層は堆積構造にとほしく、細粒堆積物からなり、層理の発達が良いことから考えて、B層の堆積は、A層堆積当時にくらべて海水の擾乱が少ない環境下で行なわれたと推測される。しかし、B層の層厚変化で示される堆積量の地域的変化の傾向は、A層のそれに類似するので、堆積盆地の動揺に関しては、A層堆積当時と似た条件下にあったと考えられる。

また、層厚・岩相変化をみると(第11図)、現在の基盤岩地域に近い多久—古賀山付近では、泥質堆積物が厚く存在している。このことから、堆積当時の古海岸線は、現在の基盤岩と古第三系との境界よりも、かなり北方に存在したのではないかと考えられる。

化石群の層序的・地域的な偏在、および化石群の水平・垂直分布からみると、堆積盆地内での地域的な環境の変化が存在したと推測される。堆積量が小さくて砂質堆積物に富む北部では、主として *Angulus* 群が生息し、東部および西部よりは、若干、水深が浅かったのではないかと考えられる。

泥質物に富む東部では、B層堆積の前半は、主として *Nucula* 群・*Saccella-Nucula* 群、後半は主として *Cardium-Pitar* 群が分布するような環境下にあり、とくに、堆積の前半は、北部よりも水深が大であった可能性がある。

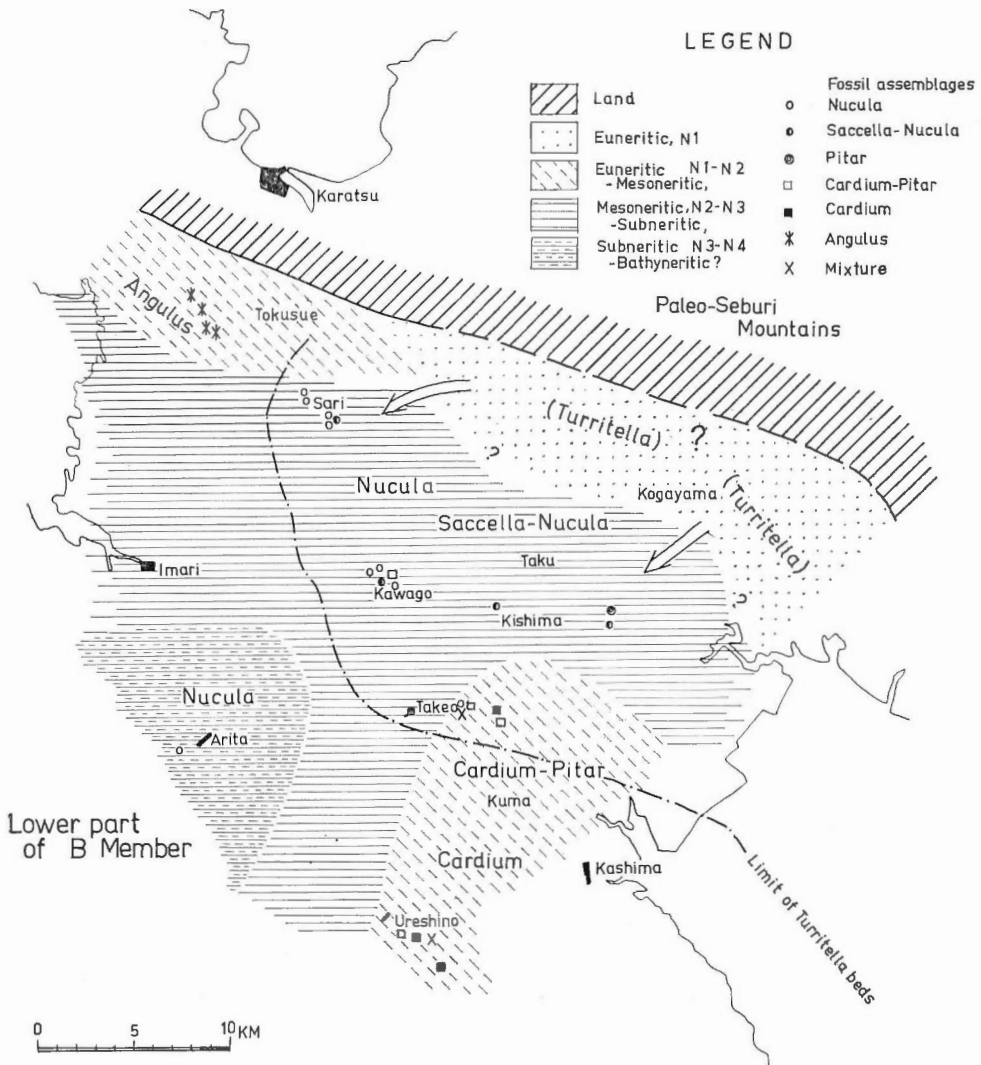
南部は、砂質堆積物が比較的厚く、堆積量もまた大きい地域であり、B層の堆積当時を通じて、*Cardium* 群・*Cardium-Pitar* 群が生息するような環境下にあった。堆積量が他の地域よりも大きく、かつ、上記2群の垂直分布が *Nucula* 群・*Saccella-Nucula* 群よりも浅い範囲を示していることは、南部において盆地の沈降が大であるにもかかわらず、堆積物による埋立作用が他地域よりも活発であったことを暗示するように思われる。

西部は堆積盆地の中心部付近にあたり、堆積量も大きいにもかかわらず、*Nucula* 群を産することは、同地域の沈降が他の地域よりも大であり、水深も大きかったと解釈される。

東部およびその付近の地域には、B層の数層準に *Turritella* 密集層が存在する。この密集層の単層数は、多久—古賀山・杵島で多く、これより距離がはなれるにつれて、単層数が減少し、徳須恵・嬉野・有田ではまだ発見されていない。*Turritella* 群の垂直分布が、さきに推定したように *Cardium* 群の垂直分布範囲に入るとすれば(第23図)、東部において *Nucula* 群が産する地層内に *Turritella* 密集層の砂岩が介在することは、同密集層の堆積時だけ一時的に水深が浅くなったか、あるいは *Turritella* の

遺骸が、*Nucula* 群の環境とは違った場所から、砂質物とともに移動混入したのかは、にわかに判断できない。ただ、同密集層の形成当時、一定方向の水流の影響が *Turritella* 遺骸の集積に深い関係があったことは密集層の産状から推定できる。

第24図は、B層堆積前半における堆積盆地の状況を概念的にえがいた図である。盆地内の海底の浅深を表現するために、上浅海帯(N1)、上浅海帯—中浅海帯(N1—N2)といった表現を行なっているが、これらはもちろん、相対的な浅深の表現にすぎず、図中の上浅海帯は、現在の浅海帯と同じ環



第24図 杵島層B層下部堆積当時の古地理図

Figure 24 Paleo-geographic map at early B member time, showing that southwestern part was greater in depth of water and north and southern parts were shallower than eastern part. Arrows show assumed direction of transport of *Turritella* shells, provided shells of *Turritella* beds were transported from other places and were buried at present places

境であるという意味ではない。また、図中の白矢印は、もし *Turritella* 群が移動して密集層を形成したと考えた場合、その可能な移動方向を示している。

VI. 4 C 層の堆積

C層は厚さ10~35mで、層理にとぼしいグレイワック質の細粒~中粒砂岩で構成され、泥岩の薄層をはさんでいる。砂岩には、ところにより植物片・炭質物のラミナ・緑色鉱物などを含むことがあり、また砂管が存在することもある。いちじるしい堆積構造は、この砂岩には観察されない。以上のような岩相は、炭田全域をつうじてほとんど変化しない。動物化石の産出はきわめて少なく、2, 3の試錐で *Cardium*, *Pitar*, *Crassatellites* などがわずかに産したにすぎない。

以上から同層の堆積状況を推測するのは困難であるが、B層および後述のD層の堆積環境を考え合わせると、C層の堆積は、B層堆積の後半およびD層堆積の初期における水深、あるいはこれらよりやや浅い水深で行なわれたのではないかと考えられる。C層に層理が発達せず、地域を通じてほぼ一律な岩相を示すことは、B層堆積後半の水深における比較的静穏な海底で、堆積が間断なく行なわれたのではないかと推測される。

VI. 5 D層の堆積(第25図)

D層は淘汰不良の泥岩と細粒~中粒砂岩との互層で構成され、泥岩には雲母片・植物片・炭質物が存在し、層準によって泥灰質団塊が含まれている。最上部をのぞくD層全般にわたって、浅海性貝化石が多産する。岩相のこのような一般的様相は、B層の岩相に類似する。しかし、B層と異なって、D層には、最上部にA層の岩相に類似した粗粒砂岩層が存在すること、*Turritella* 密集層を含まぬこと、化石群の分布がさらに多様であることなどの特徴がある。以上からみて、D層の堆積は、大きくいって、B層堆積当時とはほぼ類似した条件の環境下で行なわれたが、細部において、B層とは若干異なった環境の変化が存在したと推測される。

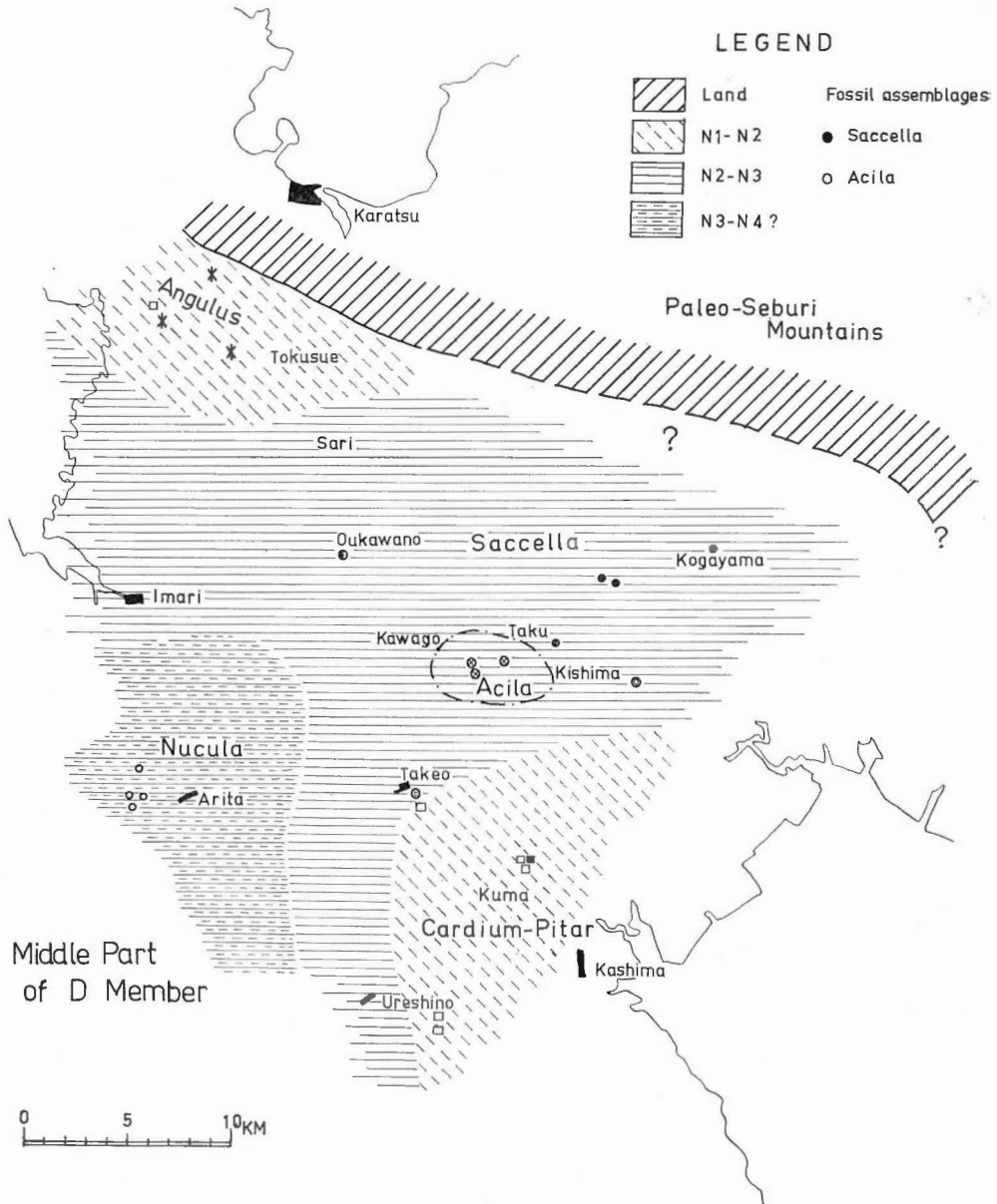
D層は、下部において貝化石に富む泥岩が卓越するが、上部において砂岩が増大し、最上部では炭化木片・炭質物ラミナ・砂管を含有し、斜層理を示す粗粒砂岩層となっている。この岩相の垂直変化は、D層堆積前半における比較的静穏な海底での泥質物の堆積と貝類の繁栄、堆積後半における比較的海水の擾乱がある海底での砂質物の堆積、を示すものと考えられる。

D層の堆積量は、第13図からわかるように、徳須恵西方・川古・武雄一久間の地域で小さく、西部・南部・東南部および多久一古賀山付近で大きい。このような堆積量の地域的変化の傾向は、大きくみて、C層以前の地層における傾向とほぼ一致している。かりに、堆積量が盆地の沈降に深い関係があるとなれば、上記の堆積量が大きい地域、とくに盆地中心部にあたる西部において、盆地の沈降が大であったと推定される。

D層に産する化石群は、*Saccella* 群・*Aclia* 群をのぞいてB層の化石群に共通であるが、後者に産する *Cardium* 群・*Turritella* 群はD層に産しない。D層内における化石群の分布は、第7表に示されるように、B層の場合と比較して複雑かつ多様である。これは、D層の堆積を通じて、時間的・地域的に微妙な環境の差が盆地内に存在したことを示すものと考えられる。

化石群の分布からみて、D層堆積の前半、北部では沈降が少なく、*Angulus* 群が生息するような比較的水深が浅い環境にあったと推測される。

東部の多久-古賀山付近では、泥質物が厚く堆積し、*Saccella* 群が生息するような環境にあり、周囲の地域よりも局部的に水深が大であった可能性もある。西部は堆積量と岩相からみて、盆地中心部付近の沈降が大きい位置にあり、主として黒色の緻密な泥岩から、*Nucula* 群が産することからみて、他



第25図 杵島層D層中部堆積当時の古地理図

Figure 25 Paleo-geographic map at midh-D member time, showing resemble topographic features to Figure 24

のどの地域よりも水深が大であったと推定される。南部の武雄付近は、堆積量が少なく、かつ、*Cardium-Pitar* 群が主として産し、その垂直分布からみて、東部・西部よりも水深が浅く、沈降量が小さかった地域と考えられる。嬉野付近は、その化石群の産出から、武雄付近と西部の有田との中間的な環境にあったと思われる。

以上のべたことを概念的に図示したのが、第25図である。同図は、D層堆積中頃の、堆積盆地の古地理を示す。図中の上浅海帯(N1)などの表示は、単に相対的な水深を表現するためにすぎない。同図は、有田付近が最も水深が大きく、北部と南東部で水深が浅いことを示している。これをB層の第24図と比較するとき、両層の堆積を通じて、西部が深く、北部と南部ないし南東部が浅かった傾向がよみとれる。

東部をのぞいた他の地域で、D層最上部の砂岩の下の泥岩には *Nucula* 群が産している。この事実には、杵島層堆積末に、堆積盆地が相対的に上昇する直前、一時的に盆地が沈降したことの反映ではないかと思われる。

D層最上部の砂岩は、A層に類似した岩相を有し、この岩相は炭田全域を通じて共通であることから、杵島層堆積終末期に盆地はかなり急激に上昇し、堆積の場は、海水の擾乱が大きい、ごく浅い海底となり、堆積が急速に行なわれたと推定される。佐里砂岩層基底礫岩の下面には、全体として、大きな不整合を暗示するような現象は観察されないが、川古付近・徳須恵西方では、最上部砂岩の局所的な洗い流し現象あるいは同砂岩の欠除が認められるので、D層最上部が水面上あるいは水面下で局所的に削剝をうけたことが推定される。

VI. 6 堆積環境のまとめ

以上を通観すると、杵島層は、北方と東方に陸域をもち、南西方に開口部をもつ海湾状の堆積盆地に集積した瀕海成・浅海成堆積物ということが可能である。当時の気候は芳ノ谷層堆積当時と同様に温暖で、海域は浅く暖水であったことが、化石群の水平分布および単体サンゴの産出から推測される。

岩相・層厚変化および化石群の分布からみて、杵島層の堆積を通じて、堆積環境が時間的・地域的に変化したことが判断される。すなわち、杵島層の堆積環境は、芳ノ谷層の主として淡水性～汽水性環境からひきついで瀕海性環境にはじまって浅海性環境となり、盆地内の動揺と多少の水深の変化をくりかえしながら、ふたたび瀕海性環境に移行したと推定される。この一連の堆積環境の変化は、主として、堆積盆地の動揺に由来し、その動揺は、堆積の前半と後半における、それぞれ1組の小規模な相対的沈降・上昇であると考えられる。

地域的な環境の相違をみると、杵島層の堆積を通じて、盆地縁辺部にあたる北部で盆地の沈降が小さく、水深が相対的に浅く、東部では局所的な堆積量の変化がみられ、相対的に北部よりは浅く、西部は堆積盆地の中心部付近にあって沈降・堆積量がともに大きく、かつ水深が他地域よりも大であったと推定される。一方、南部でも沈降・堆積量がともに大であるが、水深は西部よりも一般に浅いと推定される。このことは、南部での堆積物による盆地の埋め立て作用が、他地域よりも活発であり、南部の堆積物すべてが北方の陸域からの供給によるのではなく、その一部は、東方ないし南方からの供給ではないかと予測される。

VII. 要 約

唐津炭田の杵島層群の基底部を占める杵島層は、地層分布・岩相・動物化石群集において、同層群佐里砂岩以上の地層とかなり異なった様相を示している。杵島層の堆積状況を把握するために、広域にわたる岩相・層厚の変化、および同層内部における動物化石群の層序的・地域的分布を調査研究して、以下の結果を得た。

- 1) 杵島・芳ノ谷両層間の境界関係は、岩相の垂直方向の変化ならびに両層間の層厚変化の傾向を比較した結果、炭田北部に局部的な不整合の存在の可能性はあるが、炭田全般にわたる大きな不整合の存在を推定することは困難である。
- 2) 杵島層は、下位からA・B・C・Dの4部層に区分される。岩相の垂直変化から、杵島層はA・B両層からなる1小堆積輪廻と、C・D両層からなる他の小堆積輪廻とで構成されることが理解される。
- 3) 杵島層の各部層の地域的な岩相・層厚変化を通観すると、各部層は炭田北部において、砂質堆積物に富み、層厚が小さいこと、西部と南部では、各部層の層厚が増大していること、各部層を通じて、徳須恵一大川野一武雄一久間の一帯に薄層帯が存在し、これは、芳ノ谷層上部の薄層帯の位置にはほぼ一致する。
- 4) 杵島層の化石群集は、巻貝・ツノ貝・二枚貝および甲殻類・単体サンゴ類であり、全部で43属46種である。これらのなかで産出量が多いのは二枚貝で、全個体数の77%を占める。
- 5) 杵島層の化石群集は、産状からみて、主として泥岩に産する散在型産状の化石群集と、砂岩に産する密集型産状の化石群集とに区別される。前者は原地堆積の群集、後者は異地堆積の可能性が考えられる群集である。
- 6) 化石群集は、構成から13の化石群に区別される。散在型産状の化石群間には、構成員に共通種が多いが、密集型産状の化石群との間には、共通種が少ない。
- 7) これらの化石群は、杵島層内において、層序的・地域的に偏在して分布している。層序的にみると *Ostrea* 群はA層、*Turritella* 群・*Cardium* 群はB層、*Saccella* 群・*Acila* 群はD層中部に主として産する。地域的にみると、*Cardium* 群は南部、*Angulus* 群は北部、*Acila* 群は東部、*Venericardia* 群は西部に、それぞれ偏在して分布する。
- 8) 現生貝類の生態的水平・垂直分布との類推から、杵島層の各化石群の水平・垂直分布を決定し、これが杵島層の岩相変化および化石群の地層内における偏在にどのような関係があるかをしらべた。化石群の水平・垂直分布は、伊田(1956)・生越(1961~1968)の特性曲線によって決定された。
- 9) 特性曲線で示される各化石群の水平・垂直分布によると、*Ostrea* 群は他のどの化石群よりも相対的に水深が小さく、*Cardium* 群・*Cardium-Pitar* 群・*Angulus* 群は、*Nucula* 群・*Saccella* 群・*Saccella-Nucula* 群よりも相対的に水深が小さいと考えられる。
- 10) 化石群の杵島層内における分布上の偏在は、さまざまな生態的・環境的・堆積的諸要因が作用した結果と考えられるが、単に、杵島層の岩相変化および化石群の水平・垂直分布からみた場合、化

石群の地層内における分布の偏在は、堆積当時の底質と水深・水温に深い関係があると解釈される。なお、これに関しては、今後、古生態学的・堆積学的検討を十分に行なう必要がある。

- 11) 杵島層の岩相・層厚変化と化石群の水平・垂直分布から、杵島層の堆積について考察すると、杵島層は、海湾状の盆地に堆積した瀕海成・浅海成堆積層といえる。杵島層の堆積環境は、芳ノ谷層の淡水性ないし汽水性環境からひきつづいて、瀕海性環境となり、ついでB層からD層下部にかけての浅海性環境に変化し、堆積の末期に、ふたたび瀕海性環境となったと推定される。杵島層の堆積を通じて、水深が浅いと考えられる地域は、盆地縁辺部にあたる北部、および北部の古海岸線から遠距離にあたる南部であり、水深が大きいと考えられる地域は、盆地中心部付近に位置する西部である。東部は、北部・南部と西部との中間的な堆積環境であったと推定される。

VIII. 結 語

唐津炭田における岩相・層厚の変化および化石群集の地層内での分布状況を調査研究し、同層の堆積状況・堆積盆地の動揺および堆積環境の推移について、一義的に若干の考察を試みてきたが、堆積環境の推定において、なお多くの重要な問題が残されている。杵島層の堆積環境の解明には、岩石学的・地化学的検討、古生物学的・古生態学的研究、堆積構造の調査、現生貝類の生態に関する資料の充実、および統計学的処理による検討などを行なわねばならない。また、北西九州全般にわたる杵島層の堆積の全ぼうを把握して、西日本古第三系の堆積環境および堆積盆地の変遷の解明に資するためには、隣接諸炭田における杵島層相当層、および上下の地層についても、研究を発展させる必要があると思われる。今後の研究のために、諸賢の御批判と御叱正を願う次第である。

IX. 謝 辞

本研究にあたって、研究当初より終始御指導・御鞭達、さらに拙稿の御校閲をたまわった九州大学松下久道教授・高橋良平助教授、化石群集の処理について御教示をいただいた首藤次男助教授、御鞭達をたまわった松本達郎教授・鳥山隆三教授、以上の諸先生に心から御礼申し上げる。現地の調査研究にあたっては、大日鉱業株式会社立川鉱業所・明治鉱業株式会社佐賀鉱業所・三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所・住友石炭鉱業株式会社杵島鉱業所の関係者各位から、便宜供与その他御協力をいただき、とくに地質関係では、朱雀智介・木原敏夫・森永陽一郎・古川和代・山下勝章の諸賢から貴重な御教示と資料の提供をいただいた。以上の諸氏に深甚の感謝を表す。地質調査所大山桂・水野篤行・石山尚珍の各技官からは、化石に関する御教示・御助言をうけ、同所井島信五郎燃料部長・徳永重元石炭課長から、本研究の推進に御尽力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる次第である。また、本研究の諸雑用をわずらわした九州大学地質学教室飯尾陸子氏に深く感謝をささげる次第である。

参 考 文 献

- 青木直昭・馬場勝良 (1971) : 木更津一市原地域の瀬又, 上泉および成田層の貝化石群とその産出層準. 地質学雑誌, vol. 77, p.137~151.
- CHINZEI, K. and IWASAKI, Y. (1967) : Paleocology of shallow sea molluscan fauna in the Neogene deposits of northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. no. 67, p.93~113.
- FAGERSTROM, A. (1964) : Fossil Communities in Paleocology. Their Recognition and Significance. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 75, p.1197~1216.
- Fox, W. T. (1968) : Quantitative paleocological analysis of fossil communities in the Richmond Group, *Jour. Geol.*, vol. 76, p.613~640.
- 波部忠重 (1951) : 日本産貝類概説. 326 p., 貝類文献刊行会.
- (1961) : 統原色日本貝類図鑑. 183 p., 保育社.
- ・伊藤 潔 (1965) : 原色世界貝類図鑑, 北太平洋編. 176 p., 保育社.
- ・小管貞男 (1966) : 原色世界貝類図鑑, 熱帯太平洋編. 193 p., 保育社.
- HANZAWA, S., ASANO, K. and TAKAI, F. (1961) : Catalogue of Type-Specimens of Fossils in Japan. *Palaeont. Soc. Japan, 25 anniversary volume*. 422 p.
- 平山次郎・鈴木尉元 (1968) : 単層の解析, その実際と堆積学的意義について. 地球科学, vol. 22, p. 44~62.
- 伊田一善 (1956) : 貝化石群集の特性曲線について. 地質調査所月報, vol. 7, p. 63~70.
- 今井 功・沢村孝之助・吉田 尚(1958) : 5万分の1地質図幅「伊万里」および同説明書., 83p, 地質調査所.
- 井上英二 (1958) : 唐津炭田南北における杵島層群の岩相変化と地質構造. 地質学雑誌, vol. 64, p. 29~39.
- INOUE, E. (1962) : A new species of Terebratalia from the Oligocene Sari Sandstone in the Karatsu coalfield of Northwestern Kyushu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. no. 46.
- 井上英二 (1963) : 佐世保炭田の杵島層群と下小高島試錐. 地質調査所月報, vol. 14, p.257~276.
- (1964) : 西彼杵半島西部の古第三系ならびに西彼杵層群下部の堆積環境. 地質調査所月報, vol. 15, p.166~188.
- (1965) : 主として層厚の変化からみた相知・杵島両層群の 関係についての一解釈. 鉱山地質, vol. 15, p.22~31.
- (1971) : 北西九州の上部漸新統杵島層の化石群集と堆積環境. 松下久道教授記念論文集, p.67~90.
- 石山尚珍 (1966) : 東京近海の現生貝類の調査. 地質調査所月報, vol. 17, p.223~228.
- (1967) : 千葉県(東京湾側)における遺骸群集の研究. 地質調査所月報, vol. 18, p. 341~359.

- 石山尚珍 (1970 a) : 伊勢湾・熊野灘・遠洲灘方面に生息する貝類とその環境についての研究. 地質調査所月報, vol. 21, p.81~131.
- (1970 b) : 浅虫・函館・恵山岬周辺における貝類の生息環境の比較についての研究. 地質調査所月報, vol. 21, p.165~186.
- 鎌田泰彦 (1956) : 長崎県矢上炭田の層序と高島炭田との対比. 有孔虫, no. 5, p.23~28.
- 木原敏夫 (1955) : 唐津炭田の研究 (その1). 鉱山地質, vol. 5, p.248~252.
- (1956) : 唐津炭田の研究 (その2). 鉱山地質, vol. 6, p.25~28.
- 菊池秀夫 (1963) : 三池炭田の層序と堆積環境に関する研究. 鉱山地質, vol. 13, p.8~19.
- KINDLE, E. M. (1938) : A Pteropod of Current Direction. *Jour. Palaeont.*, vol. 12, p.515.
- 吉良哲明 (1962) : 原色日本貝類図鑑, 239 p., 保育社.
- 小林 勇・今井 功・松井和典 (1956) : 5万分の1地質図幅「唐津」および同説明書, 60p., 地質調査所.
- KOBAYASHI, T. and INOUE, E. (1961) : Gigantic *Aturia* from the Karatsu coalfield in North Kyushu. *Japanese Jour. Geol. Geogr.*, vol. 32, p.421~435.
- 小島伸夫 (1963) : 手賀沼周辺から大網白里町にかけての成田層群の堆積状態と地史について. 地質学雑誌, vol. 69, p.172~183.
- (1966) : 東京湾の南東沿岸地域の成田層群に含まれる貝化石群集について. 地質学雑誌, vol. 72, p.573~584.
- KURODA, T. and HABE, T. (1952) : Check List and Bibliography of the Recent Marine Molluscan of Japan. 210 p.
- 松下久道 (1949 a) : 九州北部における古第三系の層序学的研究. 九州大学理学部研究報告, vol. 3, 57 p.
- (1949 b) : 九州北部炭田の地質構造. 九州大学理学部研究報告, vol. 3, p.49~54.
- (1953) : 九州炭田に見る不整合. 地球科学, no. 9, p.1~8.
- ・高橋良平 (1956 a) : 九州炭の炭質と堆積盆地との関係の一考察 (予報). 九州鉱山学会誌, vol. 24, p.20~25.
- (1956 b) : 再び九州炭田に見る不整合について. 九州鉱山学会誌, vol. 24, p.9~15.
- ・高橋良平・小原浄之介・岩橋 徹・井上英二 (1956 c) : 北九州古第三紀層の地質について. 有孔虫, no. 5, p.13~22.
- MERRIAM, C. W. (1941) : Fossil *Turritellas* from the Pacific Coast Region of North America. *Univ. California*, vol. 26, no. 1
- MIZUNO, A. (1952) : Descriptions of the Paleogene Molluscus from Sakito, Nagasaki Prefecture. *Trans. & Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. no. 6, p.185~193.
- 水野篤行 (1956) : 貝化石による九州北西部古第三系の分帯 (予報) ——本邦古第三系の対比論のために——. 地質調査所月報, vol. 7, p.261~270.
- ・高橋 清 (1962 a) : 筑豊炭田遠賀層産の海棲貝類化石について. 九州鉱山学会誌, vol. 30,

p. 26~32.

- 水野篤行 (1962 b) : 西日本地域における古第三系 および 下部新第三系の古生物年代学的研究——第一報. 地質学雑誌, vol. 68, p. 640~648.
- (1962 c) : 西日本地域における古第三系 および 下部新第三系の古生物年代学的研究——第二報. 地質学雑誌, vol. 68, p. 687~693.
- MIZUNO, A. (1964) : Palaeogene and Early Neogene Molluscan Faunae in West Japan. *Geological Survey, Japan, Report* no. 204, p. 1~71.
- 長浜春夫 (1965) : 斜層理からみた北西九州第三紀層の堆積. 地質調査所報告, no. 211, p. 1~66.
- 長尾 巧 (1926) : 九州古第三紀層の層序 (其16). 地学雑誌, vol. 39, p. 592~604.
- (1927) : 九州古第三紀層の層序 (其20-23). 地学雑誌, vol. 40, no. 468~472.
- NAGAO, T. (1928 a) : Palaeogene Fossils of the Island of Kyushu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, vol. 9, p. 97~128.
- (1928 b) : Palaeogene Fossils of the Island of Kyushu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, vol. 12, p. 11~140.
- 野田光雄・朱雀智介 (1955) : 芦屋・西彼杵・佐世保 3 層群の層位関係について. 地質学雑誌, vol. 61, p. 150~161.
- 生越 忠 (1961) : 軟体動物化石群集の特性曲線の古生態学的意義について, その 1. HDM 特性曲線の古生態学的意義について. 地質学雑誌, vol. 67, p. 205~220.
- (1963) : 現生軟体動物群集の HDM 特性曲線について. 地質学雑誌, vol. 69, p. 184~200.
- (1968) : 軟体動物化石群集の HDM 特性曲線と現生軟体動物群集のそれとの比較. 地質学雑誌, vol. 74, p. 251-264.
- 小原浄之介 (1958) : 佐賀県三間坂南方の地質及び砂岩. 地質学雑誌, vol. 64, p. 78~91.
- (1962) : 重鉱物による北九州諸炭田の地質学的研究. 九州大学理学部研究報告, vol. 6, p. 33~76.
- 岡本和夫・今村外治 (1964) : 山口県油谷湾付近の第三系. 広島大学地学研究報告, no. 13, p. 1~42.
- (1969) : 山口県特牛港付近日置層群の芦屋動物化石群. 化石, no. 18, p. 35~40.
- (1970) : 山口県豊浦群豊北町特牛港付近の第三系——とくに日置層群の貝化石群集と堆積環境——. 地質学雑誌, vol. 76, p. 235~246.
- 大山 桂 (1952) : 海産貝類の垂直分布について. ヴキナーヌス, vol. 17, p. 27~35.
- (1953) : 沿岸水の化石群集 (その 1). 資源研彙報, no. 31, p. 54~59.
- (1954 a) : 沿岸水の化石群集 (その 2). 資源研彙報, no. 33, p. 92~99.
- (1954 b) : 外洋水の化石群集 (その 2). 資源研彙報, no. 34, p. 89~100.
- OYAMA, K. and MIZUNO, A. (1958) : On the New Forms of Paleogene Molluscs from Japan. *Bull. of Geol. Surv. Japan*, vol. 9, p. 564~606.
- and SAKAMOTO, T. (1960) : Illustrated Handbook of Japanese Paleogene Molluscs. 244 p., *Geological Survey, Japan*.

- 大山 桂 (1967 a) : 沿岸水の発達と古生態学に関する諸問題. 佐々教授記念論文集, p. 267~278.
- (1967 b) : 外洋水の化石群集について. 早坂先生記念論文集, p. 231~237.
- 斉藤林次 (1955) : 本邦諸炭田の古第三紀層の対比. 九州鉱山学会誌, vol. 23, no. 6.
- (1963) : 先杵島階運動の意義. 化石, no. 5, p. 138~149.
- 佐藤良昭 (1964) : 唐津炭田および西彼杵半島古第三系の重鉱物組成. 地質調査所月報, vol. 15, p. 36~58.
- 白水晴雄・田中豊後 (1959) : 唐津炭田杵島層群の綠色砂岩特に綠色鉱物について. 九州鉱山学会誌, vol. 27, p. 130~134.
- 首藤次男 (1957 a) : 化石貝類の多型現象と岩相分化. 地質学雑誌, vol. 63, p. 565~585.
- (1957 b) : 種の変異および分化と環境. 地質学雑誌, vol. 63, p. 636~647.
- SHUTO, T. and UEDA, Y. (1964) : New Oligocene Turrids from North Kyushu, Japan. *Jour. Geol. Geogr.*, vol. 34, p. 1~17.
- and ———— (1967) : Further Notes on New Oligocene Gastropods from North Kyushu, Japan. *Jour. Geol. Geogr.*, vol. 38, p. 27~42.
- 首藤次男・白石成美 (1971) : 岩屋地区の芦屋層群の貝化石群集—— 群集古生態学への試み——. 九州大学理学部研究報告, vol. 10, p. 253~270.
- 高橋良平・植田芳郎・岩橋 徹 (1957) : 杵島層群の研究 (その2). 地質学雑誌, vol. 63, p. 207~216.
- (1957 a) : 石炭化作用よりみた唐津炭田の天草型地質構造. 鉱山地質, vol. 9, p. 287~296.
- (1957 b) : 唐津・天草両炭田における石炭化作用と地質構造との関係. 石炭利用技術会議特別講演, p. 26~31.
- TANAI, T. and HUZIOKA, K. (1967) : Climatic Implications of Tertiary Floras. *Jubike Publ. Commem. Prof. Sasa, 60th Birthday*, p. 317~334.
- 手島 淳 (1955) : 幌内層の研究 (その1) 夕張炭田中部の幌内層—— 特に幌内層中の大型化石の量的扱いによる分帯について——. 地質学雑誌, vol. 61, p. 73~86.
- 通商産業省石炭局 (1952) : 炭田開発調査事業総合報告 (九州編). 247 p.
- (1956) : 日本の石炭資源, 埋蔵炭量炭質調査概要. 136 p.
- YAMASAKI, T. (1952) : Discovery of *Sabalites nipponicus* (ENDO) from the Karatsu coalfield. *Mem. Fac. Eng. Kyushu Univ.*, vol. 8, p. 65~70.
- 山崎達雄 (1953) : 唐津炭田の層序. 地質学雑誌, vol. 59, p. 403~446.
- (1954) : 佐賀県炭田地質図 (5万分の1) および説明書. 九州大学応用地質研究集報, no. 3, p. 116~230.
- (1959) : 杵島・西彼杵両層群の関係. 九州大学生産科学研究所報告, no. 26, p. 74~83.
- ・松本征夫・森永陽一郎 (1960) : 唐津炭田北部における相知・杵島両層群の関係. 九州大学生産科学研究所報告, no. 27, p. 54~65.
- ・松本征夫・菰田正俊 (1965) : 諫早炭田の地質. 九州大学生産科学研究所報告, no. 40, p. 8~27.
- (1967) : 九州北西部諸炭田の層序対比. 佐々教授記念論文集, p. 523~532.

**Lithofacies, Fossil Assemblages and Sedimentary
Environment of Oligocene Kishima Formation in Karatsu
Coalfield, Northwest Kyushu, Southwest Japan**

By
Eiji INOUÉ

Abstract

General remarks

The marine Ashiya group of late Oligocene [age, overlying the coal-bearing strata of early Oligocene, is extensively distributed in the coalfields of north and northwest Kyushu (Figure 1). The group is called the Kishima group in the Karatsu [coalfield (Table 1). The Kishima formation, the subject of this paper, is the basal unit of the Kishima group (Figure 2). The formation differs from the other formations of the group in distribution, sedimentary facies and faunal composition (Table 3).

This paper describes the lithofacies and thickness variations and the occurrence of the fossil fauna of the Kishima formation in detail, and discusses the sedimentary environment of the formation from the patterns of those variations and the fossil occurrence.

Stratigraphic relation between the Yoshinotani and the Kishima formations

The vertical change in lithofacies from the underlying Yoshinotani [formation to the Kishima formation is gradual, and no megascopic evidence for a large scale erosion of the upper part of the Yoshinotani formation has been observed in whole the area studied. Comparisons among the isopach maps of the Yoshinotani, the Kishima and the Sari Sandstone formations indicate that the pattern of the thickness variation of the Kishima formation does not resemble that of the Sari Sandstone, but that of the Yoshinotani formation, that is, the tendency of subsidence of the depositional basin was mostly changed after the deposition of the Kishima formation (Figures 4, 5 and 6).

Lithofacies and thickness variations of the Kishima formation

The exposures of the Kishima formation are distributed in narrow areas as shown in Figure 7. The strata of the formation mostly crop out near centers of dome-structures and are disturbed by many faults.

The formation consists mostly of the alternations of sandstone and mudstone, and is 60 to 280 m thick. The general aspects of the variations of the lithofacies and the thickness are shown in Figures 9-A and 9-B in the cross sections.

Lithologically the formation is subdivided into four members, A, B, C and D in ascending order (Figure 8). The A member begins with thin beds of pebble conglomerate and consists of white-coloured, coarse-grained, arkosic sandstones cross-bedded in places, with intercalations of mudstone and tuff. Molluscan fossils are rare in the member with the

exception of *Ostrea* beds which occur at the basal part and the uppermost of the member in places. The lithofacies of the member scarcely changed laterally, but the conglomerate beds relatively increase northwards (Figure 10).

The B member is composed of the alternations of mudstone and sandstone. The mudstones are dark grey to grey coloured, micaceous, poorly sorted and graded laterally into very fine-grained sandstones, and contain plant debris and small calcareous nodules. Molluscan fossils are abundant in the mudstones. The sandstones are light grey to grey coloured, fine to medium grained and graywacke-type. No remarkable sedimentary structure is observed in the sandstones. Although the sandstones scarcely contain molluscan fossil in general, some of the sandstones are crowded with fossil shells of *Turritella*. The member becomes thicker and increases sandstones west- and southwards (Figure 11).

The C member is composed of light grey-coloured, massive, fine- to medium-grained graywacke-type sandstones. The variations in the lithofacies and the thickness of the member are little through the whole area (Figure 12). Molluscan fossils occur rarely in the member.

The D member (Figure 13) consists of dark grey-icoloured mudstones and grey-coloured sandstones. The natures of the sedimentary rocks do not differ from those of the B member. In the D member the sandstones are predominant upwards. The uppermost part of the member is a bed of massive, cross-bedded, coarse-grained arkosic sandstone including fossil fragments of *Ostrea* shells, corals and plants, and is followed with the basal conglomerate bed of the Sari Sandstone. Molluscan fossils are abundant in the mudstones of the member, that is; the member has been called "Arita fossil zone" by Dr. T. NAGAO (1927).

The succession through these members reveals a sedimentary cycle from marine transgression to regression, and besides, the cycle is divided into two minor cycles which are composed of A-B and C-D.

In the thickness variation of the Kishima formation, the A, the B and the D members are thinner in a zone [running on Tokusue-Oukawano-Takeo-Kuma, from northwest to southeast, and the thinner zone is scarcely shifted from the position of the thinner zone of the Yoshinotani formation. This implies that a regional tendency of the subsidence of the sedimentary basin might not be changed through the time of the Yoshinotani-the Kishima depositions.

The features of the local variations of the members in lithofacies and thickness suggest that the northern part of the area studied was at margin of the basin, and the southwestern part was near a center of subsidence of the basin, that paleo-coast ran at WNW-ESE direction on the north side of the great fault separating Tertiary strata from the older granitic rocks (Figures 24 and 25), and that some of the sediments of the southern part of the basin might be supplied from south or east, although the sediments of the northern and the eastern parts were supplied from north.

Specific compositions and occurrences of the fossil assemblages of the Kishima formation

The Kishima formation contains abundant molluscan fossils: pelecypod dominates the fossil fauna, gastropod is next in abundance and followed scaphopod. In addition to these, crab, coral and fish scale fossils occur only a few (Tables 4-A and 4-B).

The specific compositions of the samples are varied with fossil localities. As a result of the simple comparisons among the specific compositions of the samples, the fauna is divided into twelve fossil assemblages, namely, *Nucula*, *Saccella*, *Saccella-Nucula*, *Cardium*, *Car-*

dium-Pitar, *Pitar*, *Dentalium*, *Angulus*, *Acila*, Mixture, *Turritella* and *Ostrea* assemblages (Figure 16 and Table 5). The last two assemblages are largely different from other assemblages in specific composition and occurrence, that is, both the assemblages are usually composed of one or two species crowded in fine-grained sandstones, while all other assemblages are composed of more than ten species scattered in mudstones. Considering their conditions of preservation, it is presumed that the fossil assemblages occurring in mudstones were buried near the places where they lived, and the *Turritella* and the *Ostrea* assemblages have a possibility which they were transported from their habitats to the present places.

Concerning the specific compositions, the *Nucula*, the *Saccella*, and the *Saccella-Nucula* assemblages are opposite with the *Cardium* and the *Cardium-Pitar*. This opposition in composition is almost reflected on the opposition in the Characteristic Curves between the group of the former assemblages and the other group of the later assemblages. The composition of the Mixture assemblage is intermediate between both the groups.

The occurrences of these assemblages are restricted stratigraphically and locally, for instance, the *Cardium* assemblages occur only in the southern part, the *Angulus* in the northern part mainly, the *Ostrea* in the A member, the *Turritella* in the B member and so on. Their occurrences are summarized in Table 7.

It is considered that such restricted fossil occurrences as mentioned above were caused by the local variation of environmental condition within the sedimentary basin during the deposition of the formation.

Assumption of the paleoecological distributions of the fossil assemblages using "Characteristic Curves Method"

In order to estimate statistically the paleoecological distributions of the fossil assemblages, the HDM and VDM Characteristic Curves Method (IDA 1956 and OGOSE 1961-1968) has been applied to this study, being a little modified by the present author. The method deduces the horizontal and the vertical distributions of fossil fauna from ecological data of modern living shells. In the application of the method, the author has dealt with the data of modern shells at genus level, not at specific level, because the fossil assemblages of the Kishima formation contain no comparative species with modern species.

The ranges of the horizontal and the vertical distributions of a genus in modern shells have to include all of the ranges of species which belong to the genus, however, the ranges of the genus are too extensive to be applied to this study (Figure 20). Consequently, "critical ranges" have been deduced from the ranges of most species of the genus (Figure 21).

The results of the application of the "critical ranges" of modern genera to the fossil assemblages are represented as the Characteristic Curves of the fossil assemblages (Figure 22). The comparisons between the Curves of the assemblages indicate that the Kishima fauna, which is called for all the fossil assemblages, consists of warm and shallow water dwellers roughly speaking, although the *Nucula*, the *Saccella-Nucula* and the *Saccella* assemblages contain colder and deeper elements than the *Cardium*, the *Cardium-Pitar* and the *Angulus*. Figure 23 shows relative positions of the fossil assemblages in the horizontal and the vertical ranges, which are estimated from the curves.

Sedimentary environment of the Kishima formation

From the lithofacies and the thickness variations and from the occurrence of the fossil fauna of the Kishima formation, the paleogeography and the sedimentary environment of

the formation are presumed as follows :

- 1) the sediments of the formation were deposited on warm and shallow sea-bottom within a paleo-bay which was closed north- and eastwards and-opened southwestwards,
- 2) the sedimentary environment of the formation transferred gradually from littoral at the time of the A member, through relative deeper and quiet sea-bottom at the time of the B, the C and most part of the D member, to littoral at the last of the deposition of the D, including a sedimentary episode which the sea-bottom was somewhat shallower at the time of the C member than at the depositions of the B and the D members,
- 3) the water was shallower in the southern and the northern parts of the basin and somewhat deeper in the southwestern part where was near a center of the basin through the deposition of the formation (Figures 24 and 25),
- 4) the variations in the sedimentary environment of the basin are considered to be due to local variations in the movement of the basin, and
- 5) an extensive subsidence of the basin began at the time of the deposition of the Sari Sandstone. Subsequently the area studied was under open-sea environment, that is, the Ashiya marine transgression began after the deposition of the Kishima formation.

地質調査所報告は1報文について報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために、次のようにアルファベットによる略号をつける。

- A. 地質およびその基礎科学に関するもの
 - a. 地質
 - b. 岩石・鉱物
 - c. 古生物
 - d. 火山・温泉
 - e. 地球物理
 - f. 地球化学
- B. 応用地質に関するもの
 - a. 鉱床
 - b. 石炭
 - c. 石油・天然ガス
 - d. 地下水
 - e. 農林地質・土木地質
 - f. 物理探鉱・化学探鉱および試錐
- C. その他
- D. 事業報告

As a general rule, each issue of the Report, Geological Survey of Japan will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- A. Geological & allied sciences
 - a. Geology
 - b. Petrology and Mineralogy
 - c. Paleontology
 - d. Volcanology and Hot spring
 - e. Geophysics
 - f. Geochemistry
- B. Applied geology
 - a. Ore deposits
 - b. Coal
 - c. Petroleum and Natural gas
 - d. Underground water
 - e. Agricultural geology and Engineering geology
 - f. Physical prospecting, Chemical prospecting and Boring
- C. Miscellaneous
- D. Annual Report of Progress

地質調査所報告

第 240 号

岸 和男：石川県手取川扇状地における水収支の研究, 1971

第 241 号

尾上 享：宮崎県えびの市産の更新世植物群, 1971

第 242 号

TANAKA, K. : Trace fossils from the Cretaceous flysch of the Ikushumbetsu area, Hokkaido, Japan, 1971

第 243 号

KAWADA, K. : Geology and petrology of the Nōhi rhyolites, with special reference to those along the Hida river, 1971

第 244 号

HOSHINO, K., KOIDE, H., INAMI, K., IWAMURA, S. and MITSUI, S. : Mechanical properties of Japanese Tertiary sedimentary rocks under high confining pressures, 1972

REPORT, GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

No. 240

KISHI, K. : Study on the water balance of ground-water reservoir in the Tetori river fan, Ishikawa Prefecture, 1971 (in Japanese with English abstract)

No. 241

ONOE, T. : A Pleistocene flora from Ebino City, Miyazaki Prefecture, Japan, 1971 (in Japanese with English abstract)

No. 242

TANAKA, K. : Trace fossils from the Cretaceous flysch of the Ikushumbetsu area, Hokkaido, Japan, 1971 (in English)

No. 243

KAWADA, K. : Geology and petrology of the Nōhi rhyolites, with special reference to those along the Hida river, 1971 (in English)

No. 244

HOSHINO, K., KOIDE, H., INAMI, K., IWAMURA, S. and MITSUI, S. : Mechanical properties of Japanese Tertiary sedimentary rocks under high confining pressures, 1972 (in English)

北西九州，唐津炭田の古第三系杵島層の岩相変化と化石群集からみた堆積環境 INOUE, E.

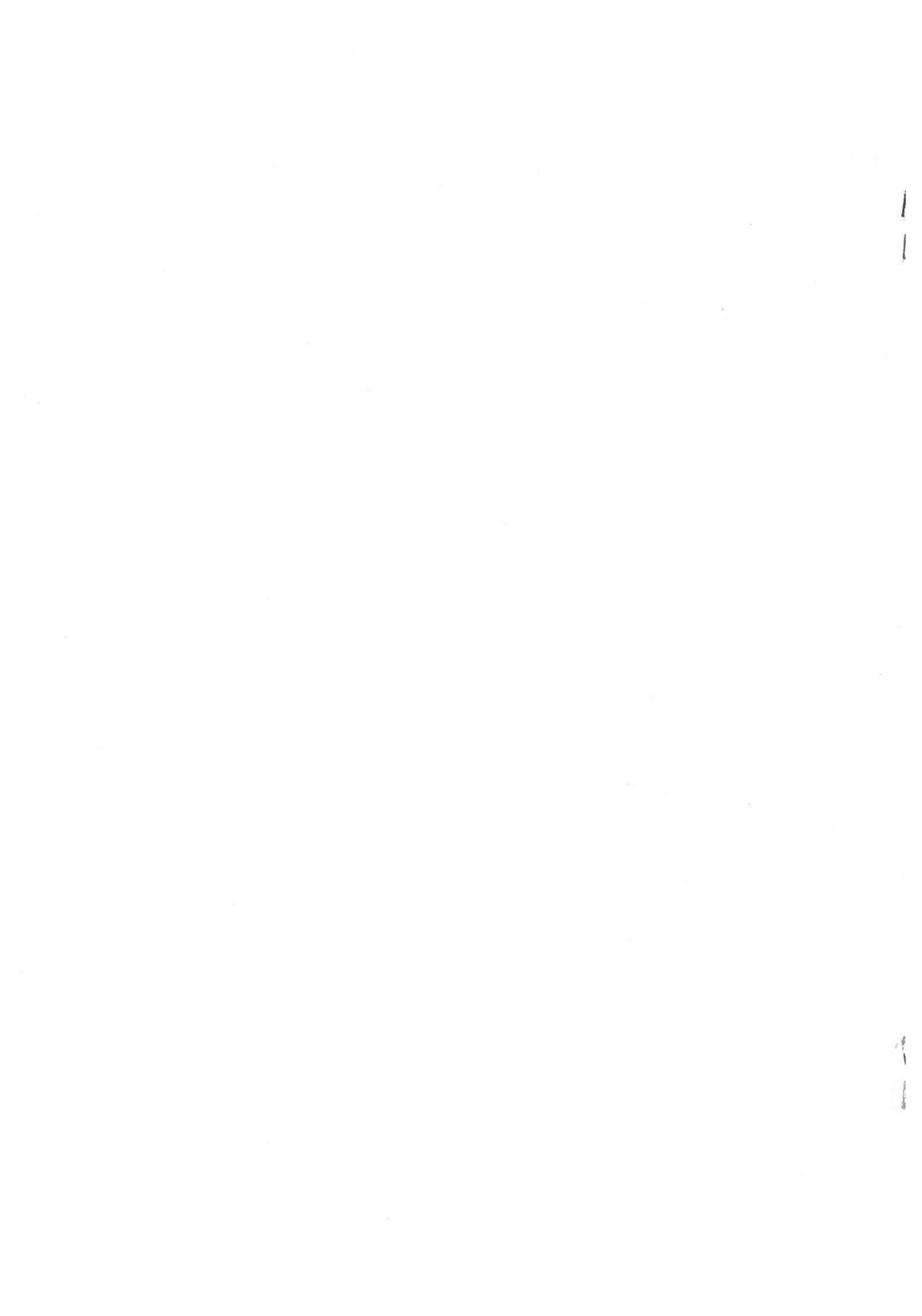
井上英二

地質調査所報告, no. 245, p. 1~72, 1972

25 illus., 7 tab.

杵島層は，上部漸新統海成芦屋（杵島）層群に含まれているが，その分布・堆積相・化石内容は，同層群の他の地層とはかなり異なっている．杵島層の岩相・層厚変化と化石群集を調査して，堆積盆地の変遷と堆積環境を考察した．杵島層は海灣の堆積物であり，下位の芳ノ谷夾炭層の堆積から連続して形成された．貝化石群集は，構成上，13化石群に識別され，これらは地域的・層序的に偏在する．現生の貝類の生態的分布から類推して，化石群は一般に暖海の浅い水域のものと推定される．堆積当時の盆地は，北部と南部で水深が小さく，西部で大であり，堆積環境は瀬海→浅海→瀬海と変化したと考えられる．

551.781.5 : 564 : 553.94 (522.3)



昭和 47 年 11 月 27 日 印 刷
昭和 47 年 12 月 1 日 発 行

工 業 技 術 院 地 質 調 査 所

印 刷 者 田 中 実
印 刷 所 田中幸和堂印刷株式会社
東京都台東区上野 3 ~ 17 ~ 11

A. c. XVIII.

REPORT No. 245

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Isamu KOBAYASHI, Director

Lithofacies, Fossil Assemblages and
Sedimentary Environment of
Oligocene Kishima Formation in
Karatsu Coalfield,
Northwest Kyushu, Southwest Japan

By

Eiji INOUÉ

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto, Takatsu-ku, Kawasaki-shi, Japan

1972

地質調報

Rept. Geol. Surv. J.

No. 245, 1972