山陰・対馬沖の堆積盆地の分布と性格*

南 明**

(昭和54年6月11日受理)

Distribution and Characteristics of the Sedimentary Basin Offshore San-in to Tsushima Island

By

Akira MINAMI

Abstract: This article discusses stratigraphy and geological history of the continental shelf area covering offshore San-in to Tsushima Island, the southwest part of the Sea of Japan.

Geological data from 5 wells and detailed seismic surveys indicate that sediments in the studied area are divided into 4 stratigraphic groups ranging from Oligocene to Recent in age, namely X, N, K and D groups in ascending order.

The oldest X group of Oligocene time comprises paralic sediments including volcanics which deposited in the initial stage of basin-formation. "N" group of mainly lower Miocene time consists of deep marine sediments, representing the highest stage of transgression. Sediments of the K group of middle Miocene time shows distinct off-lapping depositional pattern during the basin-filling stage. The youngest D group covers these older groups unconformably.

Strong deformation of sediments prior to the deposition of the D group formed many anticlinal structures.

Five exploratory wells were drilled at the selected structures, where only minor gas shows were encountered.

The area provides the enough palaeotemperature to mature the source rocks at moderate depth.

緒 言

この小論は日本海の南西部をしめる大陸棚地域をカバーし、その東側は島根半島より北方に張り出す隠岐海台で境され、また西方は対馬および壱岐の諸島に囲われた海域である。当海域に分布する堆積盆地を対馬堆積盆地と呼び、近年の海域炭化水素探鉱の対象として調査されてきた (Fig. 1)。

当海域の地質は西南日本島弧と安定地塊からなる朝鮮半島に挟まれた縁海に発達した堆積盆地の地史であり、その堆積史を通じて、数次の地殻変動により複雑な様相を呈す。

小論では主として地震探鉱によって得られた断面の解釈と、5本の試掘によって得られた地質情報をもとに、当海域の堆積盆地の分布とその堆積状況について考察した。

Fig. 1 Location map

1. 探 鉱 経 過

当海域における探鉱作業は1968年の広域空中磁気探査に始まり、その後1974年まで数次の地震探鉱を実施し、その測線長は約12,000kmに及ぶ (Fig. 2)。

*昭和54年5月24日、第44回石油技術協会定時総会地質・探鉱シンポジウムにおける講演

**新西日本石油開発探鉱部

Fig. 2 Seismic coverage map

これら物理探鉱の解釈の結果、1971年より1973年にかけてFig. 2に示す位置で5坑の試掘を実施した。これら5坑の試掘位置は当堆積盆地内の各小地質区をテストするために選定されたものである。試掘結果は浜田1号、国府1号、山口1号でわずかなガス微を見たのみであったが、これらの試掘データにより広域な石油地質の評価が可能となった。

2. 層序と地史

当海域に分布する堆積盆地の形態は1968年の空中磁気探査のデータからその概略が明らかとなった (Fig. 3)。この結果現在の日本海沿岸区域においては磁気基盤が1,000m 前後と浅く、これより沖合により厚い堆積盆地

Fig. 3 Magnetic basement map

Fig. 4 Stratigraphic correlation table

10 YEARS	GEOLAGE	BIOSTRAT. ZONES	TSUSHIMA BASIN			
			OFFSHORE	SW HONSHU	SE KOREA	
5	PS	23	GROUP Upper	Yuyawan	Shimane	Pohang
		22				
		21				
		20				
		19				
	PI	18				
		17				
		16				
		15				
		14				
10	MIU	13	D GROUP Lower			
		12				
		11				
		10				
		9				
	MIM	8				
		7				
		6				
		5				
		4				
15	MIL	3	K-GROUP			
		2				
		1				
		0				
		-1				
	N-GROUP	6				
		5				
		4				
		3				
		2				
20	OL	1	X-GROUP			
		0				
		-1				
		-2				
		-3				
	YUYAWAN GROUP	6				
		5				
		4				
		3				
		2				
25	HIOKI GROUP	1	YUYAWAN GROUP			
		0				
		-1				
		-2				
		-3				
	KOURA FM.	6				
		5				
		4				
		3				
		2				

が分布するが、その形態はかなり凹凸のはげしいものと推定された。

当堆積盆地の層序は地震探鉱断面の解釈より4つの層群に分けることが可能である。古い方よりX層群・N層群・K層群・D層群の順で、D層群とK層群との関係は不整合である。D層群は全体に水平に重なり、構造運動を受けていない地層群であるが、これより下位の層群は褶曲構造や火成岩の貫入が認められる。上記4層群の時

代については試掘データと周辺陸域に露出する地層との対比より、現在のところ Fig. 4 に示す通りの対比を行なった。

各層群についての特徴は次の通りである。

2.1 X層群

X層群は対馬堆積盆地で最も古い堆積物と思われる。X層群の時代は漸新世の後期より中新世の初期にかけての堆積物で、おそらく対馬堆積盆地が形成される初期の段階で、断層運動による陥没地形をうめる形で堆積したものとする。堆積物は陸成層から浅海成層のものからなり、一部炭層も挟む。陸上での相当層は山口県油谷湾付近に分布する日置層群や朝鮮半島東岸の迎日湾付近に分布する Changgi group にあたるものである。

X層群の基盤岩類は先第三系の地層群と推定されるが、当層群の沖合での発達状況は地震探鉱断面では明らかでない。対馬堆積盆地の西縁にある震探断面では、明瞭な白亜系基盤岩と断層で接しているX層群の存在が認められる。ここでは恐らく火山岩や火成岩の貫入を受けた堆積層からなり、X層群の上面の反射波のパターンは白亜系基盤岩上面の反射波のパターンほど明瞭ではない (Fig. 5)。この火山岩類を含む地層は朝鮮半島東岸の迎日湾付近に露出する火山岩類および礫岩・泥岩・炭層を含む Changgi group に対比されるものと思われるが、当海域で実施した5坑の試掘では直接X層群を確認していないので、周辺陸域との対比にもとづく。

Fig. 5 Seismic section, west of Tsushima

Fig. 6 Geological sections of wells

2.2 N層群

中新世の初期から中期 (Blow zones ± N4-N10) にかけて、対馬堆積盆地は伸張運動により一段と広く深い堆積盆地へと発展し、火成活動による火山岩・貫入岩も含めて厚い地層が堆積した。震探断面からこれらの地層の厚さの変化をみると、北東方向（現在の対馬海盆）にウェッジアウトする。

萩1号・国府1号・浜田1号の試掘井で確認したN層群はおもに深海成泥岩と薄層のタービダイト堆積物および火砕岩類からなる (Fig. 6)。

対馬に分布する対州層群の一部がN層群に対比されることは震探断面の対比より可能と思われる。対州層群にみられる上方粗粒型の砂岩の堆積はオフラッピングするデルタの堆積環境を示すものと解釈されている (岡田, 1971) が、N層群当時海進が最も進み水深が増大していることを考えると、対州層群にみられる上方粗粒型の厚い砂岩はプログレーディングしていく深海の扇状地堆積物の可能性があるのではないかと考える。

N層群の堆積時の終り頃に、当地域において地殻変動の再動があり、これにより対馬にみられる花崗岩の貫入や各種のファコリスが当堆積盆地に認められる。浜田1号井の下部にみられるモンズナイトの貫入もその1つである。また広域な酸性火山活動も活発で、特に島根半島から隠岐諸島にかけて顕著である。

これらの噴出岩は深海に堆積したもので、頻繁にタービダイト堆積物と互層をなしている。N層群の上限は震探断面で低周波層の特徴を示し、噴出岩の発達によるものである。この噴出岩の発達は堆積盆地の中心に向かって消失する。

N群に関する有孔虫分析データは主として、浜田1号井より得られた分析結果にもとづく。これによると深度2,650mより坑底まではほとんど有孔虫を含まないゾーンがあり、これより上位に底棲および浮遊性有孔虫を産出する。底棲有孔虫としてはN層群上部で *Cyclamina*, *Haplophragmoides*, *Globotexturariinae*, *Globobulimina*, *Uvigerina*, *Epistominella*, *Pararotaria* 等の種を産し、これら産出種より当時の堆積環境は半深海から深海の状態と推定されるが、*Pararotaria* の産出はおそらく浅海域よりの再堆積によるものと思われる。またこの産出種の中に1箇体ではあるが、*Spirosigmoilinella compressa* が産出している。この種は裏日本の秋田・新潟堆積盆地ではマーカー種として重要で、船川層中および寺泊層上部より報告されている (松永, 1963)。また山陰地方では島根半島付近に分布する久利層より同種が報告され、また山口県油谷湾付近の油谷湾層からも報告されている (松永, 1969; 多井, 1970)。

一方浮遊性有孔虫としてN層群の上部、深度2,062mから[2,200mの間で *Globorotalia praescitura* が産出するので、このゾーンは神保・米谷の浮遊性有孔虫による分帯の最下部にくる3つの帯に対比されるものと考えられる。

この3つの帯はまたBlowのN8からN10に対比されており、時代的には中新世下部より中部の下位に相当するものである。

周辺陸域に露出する地層との対比を行なうとすれば、山口県油谷湾層から *Globorotalia sicanus* が報告され (社内報告)、また朝鮮半島東岸の迎日湾に分布するYonil層群中のEedong層およびDaegoch層より *Globorotalia praescitura* が報告されている (Kim, 1965)。また島根県太田付近の久利層より *Globorotalia sicanus*, *G. praescitura* の産出が報告されている (多井, 1969) ので、これらの各層群がN層群に対比されるものとする。N層群堆積の末期からK層群の堆積が始まる頃にかけて浮遊性有孔虫の種に大きな変化がみられる。すなわち今まで顕著に存在した *Globorotalia praescitura* が消滅し、かわって冷い水温を指示する *Globigerina quinqueloba*, *Globigerina pachyderma* が出現する。この変化は浅野が説明しているように、東北日本において本州陸域の隆起により、古日本海が太平洋の暖流系から分離されたことを示している。

2.3 K層群

K層群は主として中新世中期の堆積物で、Blow zoneで±N11-N15に相当すると思われる。この一連の厚い地層は北東方向に顕著なオフラッピングの堆積状態を示す (Fig. 7, 8)。K層群は、次にくる主要構造運動時期に先だつもので、噴出岩を介在しないのが特徴的である。

K層群は南西方向に向かって上位のD層群の基底にある不整合によって削剝されているが (Fig. 9)、試掘データと震探断面の解釈によりFig. 10に示すような堆積環境が考えられる。試掘データによると堆積盆地の南西部に位置する萩1号井ではK層群の堆積環境は浅海性であるが、これより北東に位置する山口1号井では深海の堆積環境を示すことから北東方向に傾斜した海底地形が推定され、堆積物の一部は構造的に上昇した南西部のN層群が削剝されて再堆積した可能性が高い。

堆積盆地の南東縁に位置する浜田・国府1号井でもオフラッピングの堆積状態で、下部をしめる深海性の泥岩から上位に向かって大陸棚斜面部に堆積したと思われる砂岩・泥岩の規則正しい互層が認められる。

K層群堆積の末期に圧縮性の造構運動が始まり、この時期に当堆積盆地の背斜構造が形成された。この運動はまた南西部における上昇運動をもたらし、その結果大規

Fig. 7 Seismic sections to show offlapping K-group along B-B' (see Fig. 10)

Fig. 8 Regional schematic cross sections (Lines are shown on Fig. 10)

模な削剝がなされ K 層群の大部分が消失した。この状態は Fig.9 に示してあるが、北東方向の沖合斜面部では堆積が継続し厚い堆積をみる (Fig. 10, 11)。

浜田 1 号井における K 層群の有孔虫分析結果によれば、下半部はいぜんとして深い海の堆積環境を示す底棲有孔虫 (*Cyclamina pacifica*, *Haplophragmoides cf trullissatum*) が特徴的であるが、上位の砂岩の優勢な所

では浅海を指示する *Ammonia*, *Elphidium*, *Buccella*, *Cassidulina* 等の種で代表される。一方浮遊性有孔虫は N 層群の最上部より K 層群最下部にかけて、冷温を指示する *Globigerina quinqueloba*, *Globigerina pachyderma* が出現します。この構成種からみて、この帯は神保・米谷の *pachyderma/woodi* 帯 (Blow zone N11-N13) に対比されるものと思われるが、*Globigerina quinqueloba*

Fig. 9 Base D-group subcrop map

Fig. 10 K-group environment map

Fig. 11 K-group time interval map (Sec)

はこの帯からいまだ報告されていない。

K層群の上限をなす震探マーカーのG層準は不整合面であるが、この変動時期については有孔虫データから明確な時代についての情報は得られていないので、島根半島における堆積史との比較から松江層の基底に対比するのが妥当と考える。

2.4 D層群

D層群は中新世後期から現世までの堆積物を含む。中新世後期をしめる下部層は陸成から沿岸性堆積物の砂岩・泥岩よりなる。これより上位の鮮新世～現世の堆積物は全般に薄く、浅海成の碎屑岩よりなる。これらの陸

Fig. 12 Base D-group isochrone map (Sec)

棚堆積物は北東方向に大陸斜面部の堆積物に移行しつつあることが山口1号井の堆積環境から認められる。この堆積状態はK層群の堆積状態と類似の形態を取り、層厚も大陸棚面部で厚くなっている (Fig. 12)。

D層群基底の等深線図 (Fig. 12) をみると、南北方向にのびた隆起帯が出現したことが認められる。この方向の構造はK層群末期に形成された北東-南西方向の構造方向と明らかに異なる方向の隆起帯である。島根半島から隠岐諸島に延るものと油谷湾から見島をへて北方に延るもの、また対馬を長軸とする3本の隆起帯が明瞭である。この隆起帯の方向が現在の日本海溝の方向にほぼ平行にあることは、もぐりこむリソスフェアの熔融によって、火成岩の深部における貫入に起因するものと思われる。

D層群の有孔虫分析データは砂岩優勢な岩相からも推定される如く、底棲有孔虫として *Bulimina*, *Elphidium*, *Ammonia*, *Buccella* 等の浅海性のものを産出する。一方浮遊性種としては *Globorotalia*/*Globoquadrina humerosa* を含む。

この種は神保・米谷のレンジチャートでは鮮新世下部 (Blow zone N19) より産出する。D層群中に認められるD不整合面の時代については、上述の浮遊性有孔虫の時代から鮮新世の初期より古い時代と推定され、さらに当海域における主要な褶曲、断層構造を不整合に覆う層準であることから、この関係を島根県松江市付近に分布する複向斜構造を示す松江累層を不整合に覆う和久羅安山岩の ($6.34 \pm 0.19\text{my}$) 基底に対比するのが適当と考える。

3. 構造

Fig. 13に現在当海域で認められる諸構造を簡略化したものを示す。この図で明らかな如く、北東-南西方向の背斜軸や衝上断層が顕著で、これに貫入岩が付随する。これら褶曲構造の西縁は対馬西岸沖合に沿う衝上断層で、これより以西では朝鮮半島に向けて基盤の浅くなる単斜構造をなす。これら一連の褶曲構造が形成された時期はK層群堆積末 (中新世後期の初め) と推定される。

Fig. 13 Structural map

D層群の堆積が始まる頃から南北方向の隆帯起が出現し、それ以前の構造方向と明瞭な斜交をなす。

4. 地温と炭化水素の熟成について

対馬堆積盆地は島弧の内側に形成された縁海の一部をしめていることから、当堆積盆地における熱的供給は比較的高く、これにより石油母岩中の根源物質の熟成に好都合な条件をそなえている。

対馬盆地における熱流量は2～2.5 HFUと比較的高く(上田, 1972), この事実は5本の試掘井において測定された坑底温度から求めた地温勾配にも認められる。

各坑で測定された坑底温度から、泥水による冷却の影響を補正して求めた地温勾配は3.4～5.5°C/100mで平均4.6°C/100mの勾配となる。地温勾配の地域的差異がどのような理由によるのか、現在のデータからは明瞭ではない。

現在の埋没深度における石油根源物質の熟成度を各坑井においてビトリナイトの反射率より求めた結果、萩1号井をのぞく各坑井において約2,000mの深度において熟成の域に達している。一方萩1号では深度約1,100mの浅所ですでに熟成の域に達している。これはK層群堆積の末期における当地区の隆起に伴う大規模な削剝作用によるものと、N層群堆積末期の地殻変動に伴う火成岩の貫入活動からもたらされた熱により、熟成が一段と進められたものである。

浜田および国府1号井では、深度2,000mを越えると埋積深度と現在の地温勾配より予想される熟成度より次第に高い熟成へと偏向していく傾向がみとめられ、このことよりローカルな地下深部からの過剰な熱の供給があったことを推定させる。

5. 結 語

当海域に分布する堆積盆地の地史を解明するため、物

理探鉱データ、試掘データおよび周辺陸域に露出する地層群を検討した結果、裏日本に発達するグリーンタフ地域で明らかにされた堆積盆地の発達史と類似の地史をもつことが明らかとなった。

このような地質セッティングの中で、さらに炭化水素探鉱に必要な諸条件についての詳細な検討に基づき、異なる性質をもつ小地質区での試掘作業が実施された。そしてこれら試掘データの解析により、より有望と思われる地質区が明らかにされていった。

謝 辞

本論文の公表を許可していただいた新西日本石油開発(株)に感謝する。また日頃ご指導ならびにご検討をいただいている探鉱部長M.S. Thornton 博士および探鉱部一同に心よりお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 浅野 清・青柳洋吉(1966): 化石有孔虫からみた日本海域、日本海地域の地学的諸問題, p. 29-35
- 土井正民, 他(1969): 昭和42年度広域調査報告書北島根地域, 金属鉱物探鉱促進事業団
- 土井正民, 他(1970): 昭和43年度広域調査報告書北島根地域, 金属鉱物探鉱促進事業団
- 池田展生, 他(1973): 日本新第三系対比試案, 地質学論集, no. 8, p. 215-219
- KIM, B.K.(1965): The stratigraphic and palaeontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea, *Jour. Sci. and Technol. Series Seoul Univ.*, vol.15, p.32-121
- KIND, H.D. & NYHUIS, H.J.(1969): A survey of the Tertiary and Cretaceous along the SW coast of Japan, Co. Report no.1
- LOFTUS, D.L. (1972): A progress report on the Tsuchishima area. Co. Report no.38
- MATSUNAGA, T. (1963): Benthonic smaller foraminifera from the oil fields of northern Japan, *Tohoku Univ. Sci. Rep.* 2nd Ser., vol.35, no.2, p.67-122
- MATSUNAGA, T. (1969): Report on the survey of microfossils from the Tertiary materials of Kitakyushu and Sanin, Co. Report no.3
- 岡田博有(1971): 対州層群(対馬)の堆積環境に関するノート, 九州周辺海域の地質学的諸問題, p. 39-46
- SHINBO, K. & MAIYA, S. (1971): Neogene Tertiary planktonic foraminiferal zonation in the oil-producing provinces of Japan, *United Nations, Min. Resources Develop. Series*, no.36
- TAI, Y. (1959): Miocene microbiostratigraphy of west

- Honshu, Japan, *Jor. Sci. Hiroshima Univ. Ser. C*,
vol. 2, no. 4, p. 265-395
- 多井義郎(1973): いわゆる宍道褶曲帯について, 地質学
論集, no. 9, p. 137-146
- UEDA, S. et al. (1972): The crust and upper mantle
of the Japanese area, Part 1. Geophysics, p.97-100,
Earthquake Research Institute, Tokyo Univ.
- VAN HOORN, B. (1975): Prospect appraisal of Nishi
Nihon and Korea shell acreage in the Tsushima Basin,
Co. Report, no.138