秋田・山形沖合の海底地形の考察*

川 上 喜 代 四

1 緒 言

第1図に示した秋田・山形両県にかけての沖合海域を1967年10月から11月まで測量船明洋(船長佐藤孫七, 班長佐藤任弘)によって, 海底地形測量・地質構造測量・地磁気測量を同時に実施した。

測量の際の測線間隔は大陸棚上では2浬, その沖合では4浬, 測線の方向は, 地形の走向と直交し, 陸上の地質構造から予想される褶曲軸と断層線に直交するように, 測量海域の北部では東一西方向, 南部では西北西一東南東方向とした。大型船を使用した関係で岸線への接近は水深30mまでとし, 岸線から急に深くなっているようなところでは, 船長が安全に接近し得ると判断したところまでとした。

船位の決定は陸上の目標が使用し得るところでは陸標測角による3点測角法により, 沖合ではロランA(地表波のみ)を使用した。ロランAによる測位は2S3(松前一新潟), 2S4(新潟一美保)の両パターンにより求めた。陸標による測角値と比較すると両パターンとも偏差は $\pm 4\mu\text{s}$ 範囲にあると考えられ, 距離誤差の最大は1.1浬であった。

測深は浅海型音響測深機(NS-39 浅海型)と811型極深海型音響測深機を使用した。潮汐の改正は Z_0 が0.2m程度であるので省略した。測深成果は, UTM図法で20万分の1の海底地形図¹⁾としてまとめた(第1図)。

地質構造の測量は日本電気に製作させたNE-20深海用連続音波探査装置(Airgun方式のSeismic Profiler)を使用し, その記録(写真)で最も顕著な面である堆積物の基底より下を基盤と考え, この基盤の起伏を記録紙上で読みとり,

等値線で表現し, さらに記録紙上で読みとった断層・背斜・向斜を記入して海底地質構造図²⁾を作成した。その投影法・縮尺は海底地形図と同様である(第2図)。地磁気測量は測器舎製の船舶用曳航式プロトン磁力計を使用し, その成果は全磁力図³⁾としてまとめた。縮尺・投影法は前2者のものと同一である。

これらの成果をもとにして, 秋田・山形沖合の海底地形について考察したい。

2 大陸棚

岩線から海側に地形断面をとったとき, 海岸から地形が最初に急斜する地点までの比較的傾斜のゆるい棚状の地形を大陸棚とし, 今回の地形測量の成果をみると, 本海域においては, チゴキ埼沖合で北にのびる堆(最小水深143m)があつて, やや不規則な形となっている以外は, 極めて平滑な形状をしめしており, その幅および大陸棚外縁の深度は表の通りである。

大陸棚上は極めて平坦であつて, 前述のチゴキ埼西方の最小水深143mを示す堆と, 南部の酒田沖合の明石礁とがある。前者は大陸棚の外側にあるのに対し, 後者は大陸棚の中央にあり, 最浅所は水深22mであり, 頂部はとがっていて平坦ではない。

大陸棚を刻む海底谷は今回の測量に関する限り見当たらない。しかし沿岸部の5万分の1の測量成果をみれば, 男鹿半島の南岸に小規模な海底谷があるが, 水深30~40m付近で消滅している。

地質構造測量の結果によれば, 男鹿半島〜チゴキ埼の大陸棚の外縁部に当たるところには明瞭な基盤の隆起がみられ, 0.4~0.5 sec(水深約

* 要旨は日本地理学会1969年春季大会で発表。なお本文は東北大学に提出した(昭和43年度)博士学位論文「日本海東部海底の地形学および地球物理学的研究」の第3章「地形および地球物理学的測量」の3・1「秋田・山形沖合の海底地形および地球物理学的測量」を要約したものである。全文は水路部研究報告(昭和44年12月刊)に掲載の予定。

1) 水路部から海底地形図「秋田西方」(1969. 3)および「最上堆付近」(1969. 4)として刊行される。
2) 水路部から海底地質構造図「秋田西方」および「最上堆付近」として昭和44年度中に刊行予定。
3) 水路部から全磁力図「秋田西方」および「最上堆付近」として昭和44年度中に刊行予定。

第1図 秋田・山形沖海底地形図 (1967年10月～11月測量)

写真1 連続音波探査装置の記録

この写真の記録は能代沖のものである (測線10). 大陸棚外縁部における基盤の高まり, 大陸棚の中の褶曲構造が判る. 記録中の縦の実線の間隔は1時間 (約10 哩) である.

写真2 連続音波探査装置の記録

この写真の記録は, 南最上舟状海盆から, 最上堆の中央の堆を経て, 西最上堆の北の堆を横切つたときのものである (測線53). 南最上舟状海盆の基盤の凹凸と堆積層の状況. 最上堆東縁の断層が明瞭に見られる. 記録中の縦の実線の間隔は1時間 (約10 哩) である.

第2図 秋田・山形沖断層・褶曲分布図 (1967年10月～11月測量)
(海底地質構造図から断層と褶曲だけを取り出した)

表 大陸棚の幅と外縁深度		
場 所	幅	外縁深度
チゴキ埼以北	10～11km	約 140m
チゴキ埼～男鹿半島北端	20～29km	100～110m
男鹿半島西岸	約 7km	約 160m
男鹿半島南岸～本荘付近	約 32km	約 160m
本 荘～金 浦	10～18km	約 140m
象 潟 付 近	約 9km	約 130m
吹 浦～酒 田	18～20km	130～140m

300～375m) から基盤は西に向って急傾斜をなくして深くなっている。この基盤の北への延長がチゴキ埼沖の堆となっている。堆の東側の凹みは地形学的には堆の南端で消失しているが、構

造的には更に南にのび、大陸棚の平坦部の中に南一北の歩向を持つ向斜部となっている。そしてその凹部は堆積物によって平坦な大陸棚となっている。すなわち、この付近の大陸棚は外縁部の基盤の高まりに堰止められた堆積物の埋積によって作られている。

能代沖～男鹿半島北部の大陸棚の部分にも堆積物中に多数の褶曲があるが、その走向はほぼ南一北である。基盤は記録紙上では判断できないので、堆積物の厚さは明らかではない。

男鹿半島南部から本荘付近までの大陸棚では、男鹿半島南端から南北の走向を有する顕著な基盤の隆起があり、これが大陸棚の外縁部を

形成している。そして東側には記録紙上からの明確な判断ができないが、少なくとも0.5~1.0 sec (水深約400~750m)の厚い堆積層が数回褶曲しながら存在している。褶曲の走向はほぼ南—北であって、秋田油田地帯の新第三系褶曲帯の方向を有しており、そのあるものは脇本背斜・男鹿背斜に続くものと思われる。

本荘から吹浦までの大陸棚については記録が悪くて地質構造は判断できない。吹浦から酒田沖にかけても基盤の深さを決定することはできないが、堆積物の中には数回の褶曲がみとめられる。

以上を通覧すると、この地域の大陸棚は、外縁部に基盤の隆起がみられ、その内側の凹地を堆積物が埋めてできているといえることができる。そしてその堆積物の中には、表面の平坦にもかかわらず褶曲がみられる。

大陸棚における地磁気の異常は、チゴキ埼沖にある褶曲構造と、明石礁の南の褶曲構造に伴なって認められたが、それ以外のところでは、褶曲構造に伴なう地磁気の異常は認められなかった。

3 大陸縁辺区域

大陸棚の西側には奥尻海嶺と佐渡海嶺とがあり、大陸棚と奥尻海嶺との間には男鹿舟状海盆・飛島舟状海盆があり、奥尻海嶺と佐渡海嶺との間には最上舟状海盆があり、佐渡海嶺の西斜面は大和海盆に接している。

〔奥尻海嶺〕

北からチゴキ埼沖の最小水深143mの堆、男鹿半島西方約14km付近にある男鹿向瀬、その南の新礁、さらに南の飛島地塊が奥尻海嶺に属している。全体の走向は北—南である。

チゴキ埼沖の堆は、大陸棚から北にのびた半島状をなしており、長軸の方向は南—北である。

男鹿向瀬は水深200mの等深線で独立した堆を形成しており、その長軸の方向は、海嶺の方向にやや斜めの北北東—南南西を示し、その長さは約11km、堆頂面は110~120mで平坦面となっている。

新礁は同じく200mの等深線で独立した堆を形成しており、その長軸の方向は同じく北北東—南南西を示し、その長さは東側で約19

km、西側で14kmである。堆頂面は水深150mの平坦面があるが、東側に細長くのびたところは、200mからわずかに高くなり、堆頂面は水深185mの平坦面となっている。

飛島地塊は200mの等深線によって考えると、その長軸の方向は北北東—南南西で、その長さは約44km、平坦面は水深130~140mにあり、ことに北部は広い平坦面となっている。

また地塊の南東よりに飛島(最高点 高森山 海拔79m)が海上に現われている。

奥尻海嶺に属するこれらの堆は、いずれもその堆頂面の水深が、大陸棚外縁の深度と非常によく一致することは注目値する。また各堆の長軸の方向が海嶺の走向とやや斜交しており、雁行性が見られる。

地質構造測定の結果によると、これらの堆列の東側には東落ちの断層があり、その落差は大きい。殊に男鹿向瀬の東側の断層は堆の南から南西にのびて、新礁の西側に及んでおり、延長45kmを越えている。新礁東側の断層も南にのびて、男鹿海盆の西側の内壁をつくり、飛島地塊の北端に達している。飛島地塊の東側も急崖ではあるが、断層であるかどうかは記録の上からは判断できない。男鹿向瀬の堆頂面上には、ほとんど堆積物がないが、西斜面は堆積物におおわれている。これに対し新礁の基盤は厚い堆積物におおわれている。飛島地塊の北部の広い平坦面上は堆積物におおわれているが、南部の水深130m以浅の堆には堆積物はほとんどない。しかし斜面は東・西ともに堆積物におおわれている。

地磁気測定の結果によると、チゴキ埼沖の堆には350 γ (+100 γ , -250 γ)、男鹿向瀬には200 γ (+150 γ , -50 γ)、新礁には250~300 γ (+100 γ , -150 γ , +100 γ , -200 γ)、飛島地塊には150~500 γ (+100 γ , -50 γ , +100 γ , -250 γ)の異常が観測され、また前述の男鹿向瀬および新礁のそれぞれ東側に見られる断層に伴っても顕著な地磁気の異常がみられた。100 γ 以上のものについてその区域を図示すると第3図のようになる。これらは断層に沿って火山性岩石が噴出し、これが周辺に流れ出してその付近に地磁気の異常地帯を形成したものと考えられることができる。

第3図 奥尻海嶺にみられる地磁気の異常分布図

〔佐渡海嶺〕

南から鎌礁・最上堆・その西側に今回明瞭となった4箇の堆から西最上堆、およびその北北東にある2箇の堆が佐渡海嶺に属している。その斜面を見ると、いずれも東斜面は急で西斜面は緩である。

鎌礁は200mの等深線によると、鎌の形をしており、北部は長軸の走向がほぼ東一西を示し、その長さは11km、南部は長軸の走向がほぼ北東一南西を示し、その長さは20kmである。堆頂面は150mの水深を示す平坦面となっている。最小水深は139mで、堆の東側よりにある。

最上堆は300mの等深線によると北部と南部とに北北東一南南西の走向を示す地塊と、それら2つの地塊を結ぶ北一南の走向を有する地塊とからなり、今回の測定の結果の最小水深は、北部の堆で197m、中部の堆で167m、南部の堆で177mであるが、過去において中央部で136mの浅所を測定している。各堆の堆頂面は、水深200mの平坦面を示している。なお北部の地塊の東側斜面の水深400mから500mの間

に、最小水深337mの凸部がある。

最上堆と鎌礁の西側には水深800mの海底谷をはさんで4箇の堆を持つ西最上堆がある。全体としては北北東一南南西の走向を示している。最も北にある堆は最小水深556m、その南にあるものは467m、さらにその南のものは460m、さらにその南のものは170mと南のものは最小水深は浅くなっている。最も南のものは500mの等深線によれば、その長軸は約20kmで200~300mに平坦面がある。

西最上堆のさらに北北東男鹿半島の西方に当たるところ、1800mの等深線でみれば、南北約12km、東西7kmの堆があり、水深1575m、水深1530mを示す2つの峰が北一南の走向でならんでいる。

この堆のさらに北北西に、この堆と水深2200mの鞍部を経て、長軸の走向が北北東一南南西を示し、その長さが約20kmの堆がある。最浅所は水深1955mで、ほぼ堆の中央部に西側に偏して存在している。従ってこの堆は西斜面が東斜面より急傾斜を示している。これら2つの堆は大和海盆の東北の境界を形成しており、これが佐渡海嶺の最北端となっている。

地質構造測定の結果によると、最上堆の東縁には蛇行した極めて顕著な断層がみられる。最上堆西側の4箇の堆の東側斜面にも多くの東落ちの断層がみられ、佐渡海嶺が大和海盆に接する西斜面上にも東落ちの断層がみられるが、その延長も短かく、落差も僅かであって、東側にあるものと比較すれば小規模である。

最上堆の南縁には北東一南西に走る東落ちの断層がみられ、最上舟状海盆の堆積物の下にかくれて北東にのびる基盤の高まりは、北東一南西に走る多くの断層と褶曲を含んでいて、地塁のような形状を示している。各堆はいずれも堆積物におおわれており、堆積物のないのは最上堆の一部と、西斜面の一部にみられるのみである。

地磁気測定の結果によると、最上堆の北部の西斜面には350γ(+200γ, -150γ)の地磁気異常が見られ、また最上堆東縁の顕著な断層に伴って170γ~460γ(+90γ, -80γ, +260γ, -200γ)の地磁気の異常が見られた。

〔海 盆〕

新礁と飛島地塊との間で、大陸棚との間にあ

るものを男鹿舟状海盆、飛島地塊と大陸棚との間にあるものを飛島舟状海盆と名付ける。両舟状海盆は水深 300m の堤防状の高地によって境され、男鹿舟状海盆の西側も 400m の水深の堤防上の高地によって境されている。男鹿舟状海盆の最深部は大陸棚から最も離れた、西境を形成する堤防状の高地の東側にある。

地質構造測定の結果によれば、男鹿舟状海盆と飛島舟状海盆との境をなす堤防状の高地は、堆積物の背斜であり、その北側には背斜軸と並走する北落ちの断層がある。男鹿舟状海盆の西側の水深 400m の堤防状の高地も基盤の隆起と、その上の堆積物の背斜であり、東側には東落ちの断層がある。

男鹿舟状海盆の最深所は海盆の西部にあるが、堆積物の厚さは、盆地の東側、すなわち大陸棚に近づくほど厚く、1.01 sec (約 760m) 以上に達している。また基盤は新礁の東側と八郎潟の方へと 2 方向に深くなっている。これらの事実は男鹿舟状海盆は東および北東より堆積作用が行なわれ、まだ西側の境までは充填され切っていない状態にあるということができ、地形学上から考えられるものと同じものがある。飛島舟状海盆の平坦部には 0.82 sec (約 620m) 以上の堆積物がある。男鹿舟状海盆との堤防状の高まりには、その西端飛島地塊に接してわずかに欠けた箇所があり、細い短かい谷となって男鹿舟状海盆と通じている。堆積作用は飛島舟状海盆の方が進んでいると思われる。

男鹿・飛島舟状海盆のいずれの海域においても地磁気の異常は認められなかった。

最上舟状海盆は奥尻海嶺と佐渡海嶺との間にあって、極めて平坦な地形を示している。今回の測量区域に限って見ても 3 つに分けることができる。最北のものは、佐渡海嶺最北の堆の東北にあって、盆地の水深は 2500~2600 m である。北に接する日本海盆との間には約 400 m の比高がある。これを北最上舟状海盆と名付ける。中央のものは男鹿向瀬・新礁の西側にあって、盆地の水深は 1400~1600 m である。これを中央最上舟状海盆と名付ける。最も南のものは飛島地塊と最上堆との間にあり、南最上舟状海盆と名付ける。盆地の水深は 700~800 m である。各海盆の間には斜面があって明瞭に区別されている。

地質構造測定の結果によれば、北最上舟状海盆の盆地は水深 2500~2600 m であるが、基盤は少なくとも海面から 4 sec 以上の深さにあるため、記録紙上に現われてこないで、その深さは不明であり、従って堆積層の厚さもまた不明である。中央最上舟状海盆と、北最上舟状海盆とは、北東-南西の走向を持つ基盤の高まりで境されている。これは佐渡海嶺に続くもので、平坦な海盆の下にかくれたものの 1 つである。海盆の中央部の堆積層をみると、東側が厚く、0.88 sec 以上の厚さに達しており、層理が多くなっている。

南最上舟状海盆と、中央最上舟状海盆とは新礁の南端から南西にのびる基盤の高まりで境されている。海盆の表面は極めて平坦であって、中央と西側にそって後述する最上深海長谷が堆積層を刻んでいるだけであるが、その西部の基盤をみると、佐渡海嶺の延長とみられる断層や褶曲による多くの凹凸がある。海盆内部の堆積物の厚さは最大 1.07 sec (約 800 m) 以上に達している。そしてその堆積物は南北方向の断面では上部が層理の多いタイプで、下部が無層理のタイプであり、両者は明らかに斜交している。しかし東西方向の断面では斜交関係が分りにくい、堆積物のタイプは区別できる。そしてこれらの堆積物は海盆の北西を境する基盤の高まりによってせきとめられている。

地磁気の異常は中央最上舟状海盆に見られる。この異常地域は地質構造測定の結果によって発見された佐渡海嶺の延長とみられる多くの凹凸に伴う断層にそっている。従って表面の平坦地形とは関係なく、これらの断層に沿って火山性岩石が噴出し、これが周辺に流出してその付近に地磁気の異常地帯を形成したものと考えられることができる。

〔海底谷〕

大陸棚にはこれを刻むような顕著な海底谷が見当らなかったが、大陸縁辺区域には多くの顕著な海底谷が見出される。

最上舟状海盆には注目すべき海底谷が多く見出された。すなわち中央最上舟状海盆にはほぼその中央から北西に海底谷が発達して、北最上舟状海盆の南端に達している。そして谷頭は 2 つに分岐している。谷の深さは約 100 m、幅は約 1~1.5 km、長さは約 30 km である。これを

男鹿深海長谷と名付ける。

中央最上舟状海盆と南最上舟状海盆との間にも深さ 100 m, 幅約 1.2 km ほどの深海長谷がある。上流部は逆 Y 字形に分岐し、東のものは中央最上舟状海盆の中央部まで直線的にのびている。西のものは中央最上舟状海盆の西縁、最上堆の東縁に沿って南にのび、鎌磯北東で消失する。両者は中央最上舟状海盆の北縁で合流し、それ以北は一度蛇行してから水深 1200 m 以深まで達している。これらを総称して最上深海長谷と名付ける。その総延長は 55 km 以上に達している。

最上堆と水深 800 m の鞍部を経て西側にある西最上堆との間にも、北と南とから海底谷が発達してきて、谷頭はわずかに約 2 km を隔てているのみである。北の谷は水深 800 m から水深 2000 m まで、南の谷は同じく水深 800 m から水深 1200 m まで達している。

全体的に見れば、各海底谷は、各海盆を連ねているのではなく、各海盆の境界のところにできており、低い方の海盆に入ると消滅している。

地質構造測量の結果によれば、男鹿深海長谷については明瞭な資料が得られなかったので詳細は判らない。最上深海長谷は中央最上舟状海盆の表層堆積物を切っており、堆積物中の褶曲や基盤の起伏とも直接の関連はみられない。しかし大きくみれば、基盤の低い所を中心として分布しているといえそうである。

以上の結果からいえることは基盤の凹みがあって、それが堆積物で埋められ、そして舟状海盆が生れ、完全に埋めつくされると、堆積物は次の凹みに流れて行き、その流れの通路が、海底に深海長谷を形成して行くものであるということである。

海底谷に直接関連したと思われる地磁気の異常は観測されなかった。

4 むすび

今回の測量成果と通覧して、注目すべき点を挙げれば次の通りである。

1) 大陸棚外縁部には基盤の高まりがあり、この高まりと陸との間が埋積されて大陸棚となっている。地磁気の異常は一般的にいて見られない。

2) 奥尻海嶺は各堆が断層と伴っていて地堦の性格を持っている。この断層に沿って火山性の岩石が噴出したため、地磁気の異常が見られたものと考えられる。

3) 佐渡海嶺も断層が多く地堦の性格を持っているが、この断層にはかなりの屈曲が見られ、垂直のずれの断層である。この断層に沿って地磁気の異常の見られるのは東側のもので、西側のものにはほとんど見られなかった。

4) 最上舟状海盆は表面の地形は平坦であるが、堆積層の下には佐渡海嶺がのびてきており、地磁気の異常は、この佐渡海嶺に見られる断層に沿って火山岩が噴出している結果と判断できる。

5) 海盆はいずれも基盤の高まりによって区分され、南北にならんでいるものは、南のものほど浅く、また各海盆中の堆積層の厚さは南側に厚く、北側にうすく、時には埋没が終らない凹地が見られる。

6) 海底谷は間欠的におきる乱泥流 (混濁流) によるものである。

本論文作成に当って御指導を賜った東北大学加藤愛雄教授、また発表の機会を与えて下さった西村嘉助教授に心から感謝すると共に、本観測に従事した明洋乗組員および水路部測量課員に対して謝意を表する。
(1969. 3. 26 受理)

The Submarine Topography off Akita and Yamagata

Kiyoshi KAWAKAMI

This paper completes the study based on the results of the surveys of submarine topography, tectonic geology and geomagnetism off Akita and Yamagata, carried out simultaneously by the Survey Ship "Meiyo" of the Hydrographic Office of Japan from October to November 1967.

Among the points studied, the following are worthy of note:

(1) The formation of the continental shelf is due to the fill of sediments between the mainland and the elevations at the edge of the base.

(2) Both Okujiri Ridge and Sado Ridge are accompanied by a number of faults, thus having the characteristic of horst. Magnetic anomalies have been observed along those faults, which can be considered to be due to the igneous rocks extruded along the faults.

(3) The base underneath Mogami Trough presents rugged features in many places, attended with a lot of faults. From this, it is concluded that an extension of Sado Ridge stretches into the trough. Magnetic anomalies in this area have been observed along the faults associated with the rugged features of the base.

(4) All basins are separated one another with different elevations of the base. In comparing those basins as a whole, it has been made clear that the more southern a basin is located, the shallower is its depth. As for each basin, the layer of sediments is thick in the southern part of the basin while thin in the northern portion. In some of the depressions the filling-in has not yet finished.

(5) Submarine valleys have apparently been formed by turbid currents which intermittently occur in this region.