

## アゾフ海における堆積環境について

D. G. PANOV. &amp; M. K. SPICHAK

矢部 之男 訳

ソ連邦内の地中海においては、アゾフ海は独自の地位を占めるとともに、いろいろの点で他と比較できない位置にある。現在のアゾフ海における独自の堆積過程は、それらの自然環境の一連の組合わせによって決定されている。アゾフ海はわが国の他の諸海に比して、さほど大きな面積は占めてはいないが、隣接の海盆とアゾフ海との水交換は、堆積物沈積の一般的収支という意味で大きな意義をもっている。海域の大部分は水深が浅く、10~12mの範囲にあり、風による水塊の攪拌がきわめて大きな意義をもち、その結果、底質表層に懸濁が生ずる。ある一定期間、実際には年の半分以上、相当な風速をもたらす期間がしばしば繰返されるので、水により海が閉されるのと相まって、水塊の風による攪拌に対して、より好適な条件がもたらされる。

アゾフ海における堆積物は、死滅した植物プランクトンおよび底生生物、河川運搬物、陸上の分解産物、化学的および生化学的沈殿物の沈積によってもたらされる。

アゾフ海の特異な点は、わが国における他の海に比し、きわめて生物遺骸に富むということである。

アゾフ海における植物プランクトンの年間生産量は3,400万tに達する(ダッコ, 1959)。

T. I. ゴルシュコフ(1955)の研究により、主として夏期の植物プランクトンを示すアゾフ海の淡水性藻類は、ほとんど完全に鉱化されており、平均76%に達する、ということが明らかにされている。春秋期の植物プランクトンのうちで卓越する珪藻類の鉱化度は著しく低く、ほぼ50%程度、ということは疑いもない事実である。このデータは植物プランクトン3,400万tのうち、60%が水中で鉱化され、残りの40%、つまり1,360万tが海底に沈積するという根拠を示唆するものである。

アゾフ海においては定着底生生物が堆積物の沈積に対して多大の影響をおよぼしている。底生生物の生産量は、周知のように、貝殻と生物組織体の量から見積られる。海においては、カルシウム殻、シンデスミア殻および主要群集の殻が堆積物の沈殿に対して疑いもなく最大の意義をもっている。

V. P. パロビエフ(1947)とI. N. スタロカのデータによれば、これら群集の年間生産量は、5年間を平均して、232g/m<sup>2</sup>と見込まれている。V. P. パロビエフによれば、底生生物の変化の割合はその4倍である。I. N. スタロカの報告によれば、二枚貝のカルシウム殻とシンデスミア殻の全量は、全軟体類の70%と推定されている。海域についての再計算によれば、底生貝類の年間生産量は、2,450万tになる。しかしながら、A. A. アクセノフ(1956)が指摘したように、貝類の全生産量のうち、50%だけが海域にとどまり、残りの部分は海岸の生成に費やされる。

したがって、アゾフ海の海底には、1,220万tの貝類が沈積するが、他の生物群集も考慮すれば、ほぼ1,300万tが沈積することになる。

底生生物の組織体の生産量は、V. G. ダチエンコ(1959)のデータによれば、年間450万tである。これらの押しつぶされた部分は分解され、また魚類の餌となるので、これらのうち10%だけが海底に沈積する、ということは納得できる。クバン河とドン河の懸濁物質の流入が、アゾフ海における現在の堆積過程に本質的に大きな役割を果している。河川からの定常流入量は、年平均1,200万tで、うち400万tは河成データの生成にたずさわるとともにその付近の海域に沈積されるが、800万tはアゾフ海に流れ込む(サモイロフ, 1952)。海岸の崩壊産物は現生の海

成堆産物の生成にたずさわる重要な成分である。A. A. アクセノフ（1956）は、アゾフ海の海岸侵食速度は年間1~1.5mで、海岸崩壊生産量は年間250~300万tとしている。V. A. マムイキーナ（1960）の新しいデータによれば、アゾフ海の海岸侵食速度は最近著しく高まり、年間3mに達する、と見込まれている。侵食速度の増大を考慮すれば、毎年約800万tの海岸崩壊産物が海中に流入する、とみなしうる。

M. V. フェドソフのデータによれば、化学的に海底に堆積する炭酸塩量は年間110万tと見積られている。

したがって、アゾフ海の海底に年間堆積する現地性・異地性源の全物質量は約4,410万tになる。

アゾフ海への沈殿・堆積の起源に関する上記各種の簡略なデータからみて、現在の条件下で、この海盆へ堆積物質が豊富に流入している、ということは明らかである。ここで指摘しておきたいことは、ステップ気候条件が独特の不均質な湿潤さを持ち、しかもアゾフ海の沿岸に分布する被覆第四系（主としてレス状岩およびロームからなる）が、洗い流し、侵食、さらには削剝過程に対して抵抗力が弱いということとあいまって、海への堆積物の流入を著しくうながしている、ということである。

気象条件と岩相上の条件が、堆積過程にとって決定的な役割を果たす、ということが、1954年、ストラーホフによって明らかにされた。

はなはだ興味はあるが、研究の精度という面から見てもまちまちなアゾフ海の堆積過程について、本論文では2つの問題点、すなわち、気候条件との関連におけるアゾフ海の混濁度と透明度の変化、ならびに海の水利条件と現在の堆積域との関係、について詳述する。

#### アゾフ海の海水の混濁度ならびに透明度の変化と気象条件との関係

時間的空間的にみた現在の堆積速度の変化に関するデータは興味深い。平均化法によってえられる海盆中の堆積速度に関するデータからでは、地域的、季節別ならびに年別の堆積速度の変化を何一つ明らかにすることはできない。

この点では、海の水塊の混濁度と動力学に関するデータは、これを解明するのに大きな手だてとなる。残念ながら、現在では、大部分の海盆の海水混濁度に関するデータはきわめて貧弱である。海水の透明度に関する観測データはこれよりも豊富である。しかしながら、透明度観測データの処理という現存の手法だけでは実際には、水域ごとのこれら素量の分布図を作成するのにしか役立たない。したがって、海水の混濁度の変化を解明するのに透明度図だけを利用することはきわめて困難である、ということは疑いをささむ余地がない。海水の透明度のデータについて、それらを具体化されるため、筆者らはアゾフ海とその個々の海域の平均透明度を計算し、各海域の平均透明度については、次式により計算した。

$$M_p = \frac{S\Pi_1 + S\Pi_2 + \dots + S\Pi_n}{P}$$

ここで、 $M_p$ ——当該海域の海水の平均透明度； $\Pi$ ——2つの海水透明度等値線に囲まれた海域； $\Pi$ ——当該海域の海水の平均透明度； $P$ ——当該海域の面積

アゾフ海の平均透明度は次式により計算した。

$$M_M = \frac{M_{p1}P_1 + M_{p2}P_2 + \dots + M_{pn}P_n}{C}$$

ここで $C$ ——海の面積

この式により、1952年から1959年間におけるアゾフ海の透明度と各海域の透明度を計算した（第1表）。海水中の懸濁物質の含量については、同じ年間に対する海水の透明度と混濁度の関係を示すグラフ（第1図）から決定した（第2表）。

アゾフ海々水の透明度と混濁度は、次の一連の要因から決定した：風による波浪の影響下にあ

第1表 1952～1959年におけるアゾフ海海水の透明度 (m)

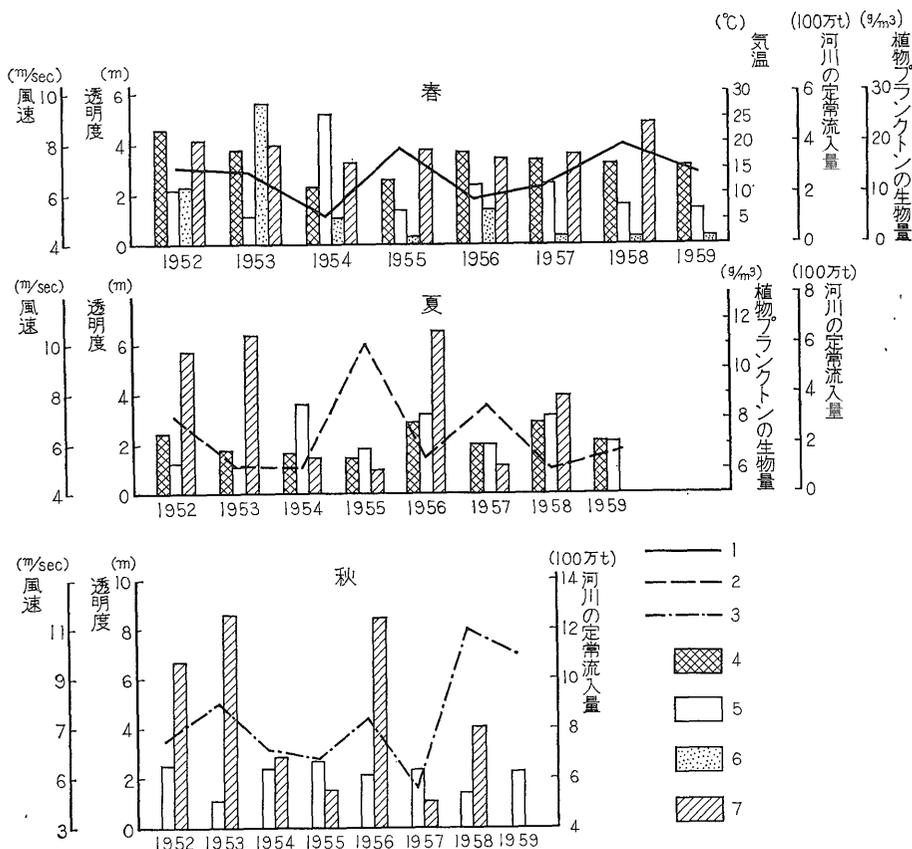
地 区	1952			1953			1954			1955			1956			1957			1958			1959		
	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
タガログス キ一湾	0.6	0.4	—	0.5	—	0.9	—	0.5	0.9	0.5	0.4	1.9	1.0	1.3	1.0	0.6	0.6	1.6	0.3	1.0	0.3	1.4	0.6	0.4
北 部	2.3	1.3	—	0.7	1.2	0.9	—	3.2	2.3	1.1	1.8	2.8	2.1	2.9	3.0	2.8	2.0	2.4	1.6	1.9	1.5	1.7	2.1	2.8
西 部	3.7	1.8	—	0.9	2.4	1.0	6.4	3.3	3.0	1.7	1.2	2.0	1.9	3.6	2.5	1.9	2.0	1.8	2.7	2.6	1.5	1.2	3.7	1.8
南 部	2.9	1.4	1.7	1.1	2.4	1.1	7.0	5.6	4.5	2.4	1.5	2.6	3.1	4.6	1.4	4.0	2.6	1.7	2.1	2.2	1.4	1.7	2.7	2.4
東 部	2.6	1.6	3.7	0.8	1.4	1.1	2.1	2.8	2.3	1.8	2.1	3.4	3.4	2.9	1.9	4.0	1.8	2.7	1.4	2.3	1.8	1.0	2.9	3.1
中 央 海 部	1.5	1.0	1.9	1.6	1.7	1.5	6.1	6.5	2.4	1.6	2.8	3.1	2.9	3.7	2.1	3.2	2.6	2.9	1.7	2.4	1.4	1.5	2.5	2.1
全 域	2.2	1.2	2.6	1.0	1.6	1.1	5.3	3.6	2.4	1.4	1.8	2.7	2.4	3.1	2.1	2.4	1.9	2.3	1.6	2.1	1.3	1.4	2.0	2.2

第2表 1952～1959年におけるアゾフ海海水の混濁度 (mg/l)

地 区	1952			1953			1954			1955			1956			1957			1958			1959		
	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
タガログ湾	62	100	—	82	—	55	—	82	65	82	100	30	53	43	53	62	62	36	153	53	153	40	62	100
北 部	24	43	—	64	46	55	—	17	24	50	32	19	28	18	18	19	28	23	36	30	38	34	26	19
西 部	15	32	—	55	23	53	12	16	18	34	46	28	30	15	21	30	28	32	20	21	38	46	15	32
南 部	18	40	34	50	23	50	13	12	14	23	38	21	17	14	40	14	21	34	26	25	40	34	20	23
東 部	21	36	15	60	40	50	26	19	24	32	26	16	16	18	30	14	32	20	40	24	32	53	18	17
中 央 海 部	38	53	30	36	34	38	12	12	23	36	19	18	19	15	26	17	21	19	34	23	40	38	21	26
全 域	25	46	21	53	36	50	13	15	23	40	32	20	23	17	26	23	30	24	36	26	43	40	28	25



アゾフ海における堆積環境について (矢部之男 訳)



第2図 1952~1959年における海水の透明度, 風速, 植物プランクトンの生物量, マイナス気温の和およびアゾフ海にそそぐ河川の定常流入量の変化。  
 1—10月から3月までの6箇月間におけるマイナス気温の和, 2—夏期における植物プランクトンの生物量, 3—秋期の平均風速, 4—春期と夏期の平均風速, 5—海水の透明度, 6—春期と夏期における植物プランクトンの生物量, 7—当該の季節に先立つ6箇月間の河川の定常流入量。

る。すなわち, 冬期と夏期——懸濁物質の活発な沈殿期; 春期——海水中への懸濁物質の沈殿とそれらの部分的な運搬期, 秋期——沖積物の卓越的な位置転換期である。このことから, 冬期と夏期には, 懸濁物質の堆積のみが行なわれ, 秋期には懸濁物質の運搬だけが生ずるはずである, とするには疑いをもたざるをえない。懸濁物質の沈積も転換も年間を通じて生じているのである。年間輪廻を各期に分けながら, 当該の季節にとって重要, かつもっとも特徴的な事柄を浮彫にすべく検討した。

水理学的条件からみた現在の堆積域の分布

アゾフ海の各海域における堆積量は, 一連の要因によって左右されるが, 有機物質や有殻軟体

類の生産量、陸地からの懸濁物質の流入および海水の動力学がそれらの主な要因となっている。

残念ながら、植物プランクトンと底生生物の生産力によってアゾフ海の海域を区分することは、現在のところなされていないので、各海域に対する有機物質や有殻軟体類の生産量を定めるのに、これは利用できない。

アゾフ海における底生生物の生物量の分布は、海中央部から周縁部にかけて増大している、ということが一般的な特徴である。タガンログ湾での底生生物の生産量は湾の主部に比較して高くはない。植物プランクトンの生産量において、海主部の 2 倍以上になるタガンログ湾を除外しては、それらの生産にみられる本質的な発展を述べることは不可能である。

河川沖積物はほとんどが完全に海の東部に流れ込む。河川デルタにもたらされる懸濁物質 1,200 万 t のうち、海の東部にそそぐパン河とドン河が 1,150 万 t をもたらしている。他の小河川の大部分が東部海岸に接している。主として海の東部と南部が削剝海岸となっている。反対に、海の北岸と東岸に集積形態域を示す大部分が存在する。したがって、外来性物質は主として海の東部に流れ込み、現地性物質は海盆の沿岸部とタガンログ湾にある。

アゾフ海における懸濁物質のはるか将来の命運は、いつにかかって海水の動力学にある。上述のように、厳しいと通常とを問わず、もっとも活発に堆積作用が生ずるのは冬期であり、その全頻度は 65% をこえるが、夏期にも同じような状況になる。この両期においては、最低流速を示す海域で最大の堆積作用が生じている。

N. M. クニボビッチ (1932) のデータによれば、アゾフ海が氷におおわれている時、あるいは、無風状態にある時にも、すなわち、堆積物の著しい機械的な転置が生じない時の流系においては、懸濁物質の沈殿が卓越するが、その際の流系はサイクロンの循環を示す。

タガンログ湾に流入するドン河の河水は、東から西にかけ湾の軸部によって水路状の流れを形造っている。最大流速は湾の東部でみられるが、その流速は湾西部に近づくにつれて減じ、湾西部の最広域において最小となる一方、北部沿岸付近での流速は南部沿岸に比し著しく高い。より細い流れは、北部沿岸によって流れ、続いて東に向きを変え、クリミア沿岸ぞいの西海岸を流れる。ケルチ海峡付近では、アゾフ海の海水部分は東に向うその水路によって流れるが、他の部分は黒海に流入する。したがって、タマンスキー半島の北岸付近に最低流速域が形成される。アゾフ海の東部では、流入するクバン河の河水の影響により、定常流の流速は再び高まる。ヤセンスキー湾西部では、定常流は海の開口部側に向きを変え、そこで事実上消滅する。

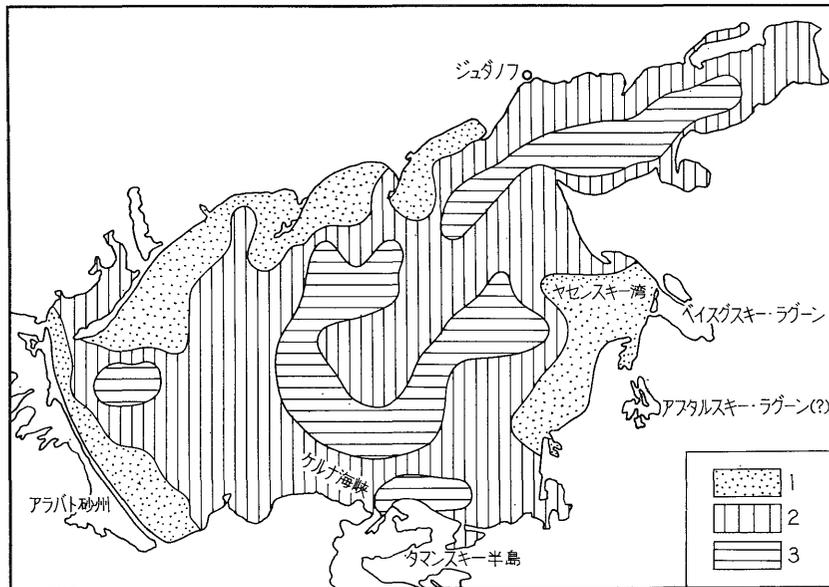
これらの事実から、アゾフ海においては、少なくとも 3 つの堆積区が実在する、と考えざるをえない。すなわち、タガンログ湾南岸ぞい、海中央部およびタマンスキー半島北部である。

アゾフ海の各海域別に現在の堆積物の沈積速度を解明しうるかいなかを検討するため、D. G. パノフと V. A. マムイキーナ (1960) は、測深図の対照を行なった。海域を 10mm<sup>2</sup> ごとに分割し、そのおのおの測深図から採用した水深について変化度合を決定した。1805 年と 1951 年に出版された測深図の比較結果が、もっとも信頼できるということがわかった。アゾフ海の水深に関する初のデータはあまり信用することができなかった。

得られた水深変化のデータから、現在、形成されつつある海成堆積物の規模が決められる、と推論した。以下の理由により、堆積物の沈殿量が水深変化の唯一の原因である、といえそうである。

100 年間におけるユースタチックな海水準の変化率は、通常の水深測量の精度範囲にある値についてはさしたる意義をもたず、また、風が原因となって生ずる潮位差現象と関連する海の年間平均海水準からの偏差もごく小さい。したがって、アゾフ海の各海域における年間平均海水準と上述の原因とによる差は、4.12~4.85 cm であり、これらの変化もまた、測深精度の範囲内にある。

タガンログ湾における最浅域は、事実上、湾南部の全域を占めている、ということは測深図 (第 3 図) を対照すれば明らかであり、最浅部は 1.7m である。



第3図 1805年から1951年間に於けるアゾフ海の水深の変化  
1—洗い流し域, 2—弱い沈積域, 3—活発な堆積物沈殿域

北岸付近にそっては、主要な細い流れがあり、堆積物の沈殿は弱い。ここでの最浅域は湾の最広域と一致する。すなわち、ジュダノフ海域ならびにヘルギツカヤとクリーバヤ州間である。堆積物の最低沈積域はタガログ湾の軸にそって存在する。

海中央部における堆積物の最大沈積域は馬蹄形をなしている(第3図)。もっとも活発な沈積海域は、それ自体の分布に従い、海の流れとよく合致するが、ここでは反時計廻り方向を示す半閉鎖状循環の性格をもっている。しかしながら、この領域は海の最中央部には分布せず、堆積物質の供給源地たる東部に若干かたよっている。この領域の水深の低下は1.1から1.2~2.7mまでである。最浅海域は底生生物のもっとも豊富な地域にあたるのが特徴である。

タマン半島の北部に分布する堆積物の強い沈積域はあまり重要でない。この海域の最浅部は1.9mである。

アゾフ海の現在の沈積域全体を評価すれば、その中央海域における底質表層の60%が現在の活発な堆積物沈積域を表わす、ということがわかる。アゾフ海の沿岸部では、安定した洗い流し域が区分される。この領域は海底面積の約40%を占めている。洗い流し域が沈積沿岸型の発達域付近で、北岸にそい砂嘴状に存在する、ということは注目をひく事実である(第3図)。安定した洗い流し域は海西部のアラバド砂州付近の海域にも発達している。海の東部における洗い流し域は、クバン河デルタ、アフタルスキーおよびベイスグスキー・ラグーンに隣接する広い海域を取巻いている。

洗い流しの各海域では最近の1/2世紀間に、水深は0.5から2~2.7mに増している。

洗い流し域は海岸に対する波浪作用の条件に関連している。洗い流し域は、均一な波浪作用に対して正常さを保ちうるような海岸の近くに存在する。ここでは、沿岸沖積物の攪拌が活発に起って沖積物が失われるため、海底斜面に削断断面が現われる。

上述の海域には沈殿現象は存在しない、という主な要因として、波浪の営力と沿岸流による沖積物の攪拌を挙げなければならない。

沿岸帯における洗い流し域の配置と現在の造構運動との間には密接な合致がある、ということを見無視するわけにはいかない。A. V. ジバゴ(1958)編のアゾフ海々岸の現在における造構運

動を示す図式と各洗い流し域とを比較すれば、洗い流し域の普遍的拡大については現在の海岸の沈降と合致すると、ということがわかる。現在の沈降度は年間 1~2 m と推定される。東海岸付近の洗い流し域は、中立状態にある海岸帯と一致する (ジバゴ, 1958)。ここでは、われわれもまた、規模的には海盆の他の海域と似ている海岸や沿岸帯では現在沈降が生じているだろうと考えている。

海の東部には、現在、沈降は起っていないとすれば、現在沈降を伴っている海岸付近よりさらに大きな水深変化率 (水深変化は 2.4~2.6m) をもつ沿岸部海底での洗い流し現象を説明することは困難である。したがって、沿岸部海底の洗い流し域は、一方では現在の造構運動と、他方では沖積物の攪拌条件との関連で存在している、といえる。