

日本における海底地質研究の黎明 1

航海術としての採泥と『元和航海書』

中 村 光 一 (海洋地質部)
Ko-ichi NAKAMURA

はじめに

海底地質の実際の研究が行われるようになったのは非常に最近のことであるが 海底地質という概念は 水成説を主体とする近代的地質学の生成とともに地質学の根幹をなす概念として存在していたというべきであろう。すでに James Hutton は 1785年にエジンバラ王立学会で発表し 彼の最初に公刊された地球理論と 言われる “Abstract” の中で次のように述べている。(高田紀志・下坂 英訳)

「現在の陸地の固体部分は 一般に 海の生成物と今日海岸で見られるものの類似物とから作られているように見える。」

「海底で沈澱した連続的堆積によって作られた地層が 堆積が生成されたときのももとの状態で見い出されるのかどうかを調べるために 我々は再び 自然に注目する。」

「鉱物の体系に関して 一つの理論がかくして形成された。この体系においては 堅い固体の物体は やわらかい物体 すなわち海底にたまったばらばらの材料からつくられるのである。そして 海底は地球の中心 対してのその場所をかえさせられて 海面の上に陸地として形成され 肥沃な生物の住む土地になるのである。」

E. P. Shepard (1963) は彼の古典的教科書 “Submarine Geology” の第 1 章 Introduction and History の中で marine geology または submarine geology と geological oceanography は同意語とした上で 海底地質学が大きく前進したのは H. M. S. Challenger 号の航海 (1872-76) であるとする。この航海は初めて深海底に マンガン・ノジュールを発見し その成果は20年間にわたって50巻の報告書として出版された。特に J. Murray と A. F. Renard が1891年にまとめた 深海堆積物に関する報告は他船による採集のものを含めて総括し画期的なものとなった。H. M. S. Challenger 号の航海が海洋生物・地質の研究にとって画期であるという見解は 宇田 (1978) も述べている。宇田 (1978) によれば 漁具を改良して科学目的で海の生物の採集を始めたのが18世紀の中頃のことであり 19世紀前半には盛んに底生生物が採取された。深海底での採泥器を用いた採泥が始まったのは1818年だが本格的に深海底の測深と採泥が行われるようになったのは19世紀半ばからで それは主に北大西洋をまたいで欧米間に海底電線を敷設するという産業 通信上の目的が原動力になったという。

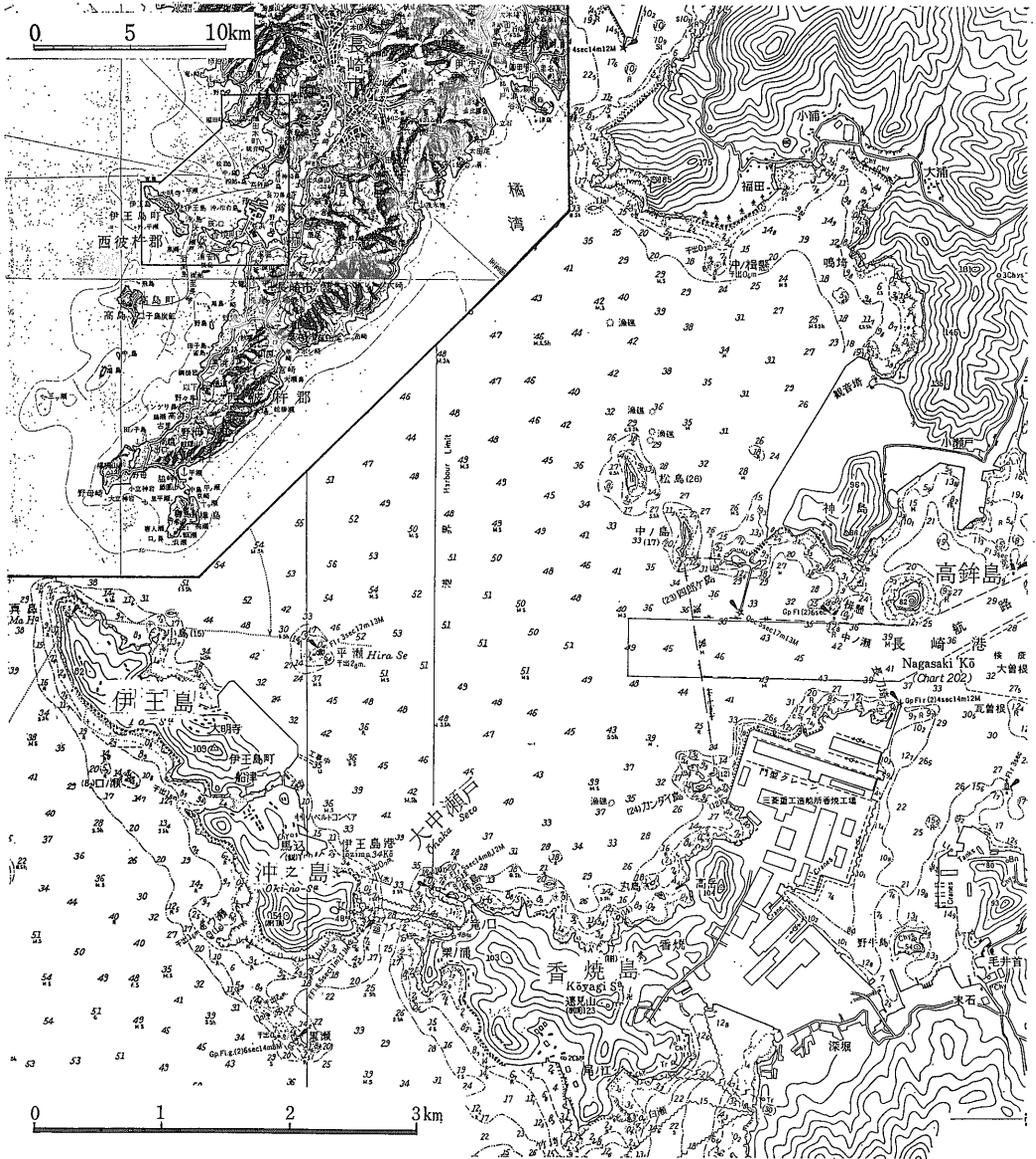
海底地質の研究は5つの方向から始まった。第1は水産資源との関連 特に漁場 漁礁といったことを追求する上での必要性からであった。第2は海岸にごく近いところでの土木工事 浚渫 砂利採取といったことに関係して底質 土質が問題になった。第3には海底電線の敷設という人類最初の深海底利用から深海底の水深と底質のデータが必要になった。第4に Challenger 号の航海に始まる深海の科学的研究 堆積学の研究の発展の必然的結果として底質が再び細かく議論されるようになった。最後に資源探査と密接なかかわりを持つようになったのである。

1 航海術としての測深・採泥

今日の海底地質研究には様々な機器が用いられる。なかでも物理探査機器の発達が研究の進展に与えた影響は大きい。測深と採泥という手法が地質学研究にとって重要であることに変わりはない。今日では測深には音響測深儀が用いられ 採泥用の器械には様々な形式のものがある。しかし 音響測深儀が1912年に発明され 1920年代に実用化されるまで 測深とは錘をつけた索を投げ入れ 海底への着底を確認して深さを測ることであり その際 必ず底質試料を採取していた。今日 第1図や第7図のように海図において水深とともに底質を記載していることに対する説明としては その地点が錨地として適当であるか否かを判断する材料として記載されているという説明が一般的である。例えば『水路測量』というテキストでは底質調査について次のように述べている。

「底質とは海底を構成する岩石もしくは堆積物のことである。浅海の底質には粘土 泥 砂 礫 貝がらおよび岩が多い。これらの底質を海図に記載している理由は 錨泊の適否の判断資料になるからであり 漁業 海洋産業にとっても貴重な資料である。」

しかし 往古においては測深と採泥は一体のものとして航行のための航海術の重要な要素であった。海図の歴史は中世のポルトラーノ式海図に始まり 1504年にポルトガルの Juan de la Cosa が作った海図が水深の入った最初のものでいわれている (川上 1974 宇田 1978)。では 海図が出現する前には航海者はどのようにして情



第1図 長崎港口の海図(海図第197号の部分) 数字は水深値(m)。水深の下のS, R, M, S, Sh等が底質の記載
 左上の図は国土地理院 1/20万地勢図「長崎」及び「野母崎」を使用。

報を得たかという 今日も使われている水路誌の前進に相当する書物から得ていた。航海術の歴史について述べたフライエスレーベン(1983)はその頃の話として「フランスやイギリスや古代諸国の海域についての水路誌では水深や底質についての記事が重要な要素をなしている。北西ヨーロッパ海域は主として大陸棚に属している。水深および潮汐によるその変化は毎日二回起こり航海にとって基本的に重要なものである。何度も測深しなければならなかったが海底資料を引き上げ得るしまたそれによって現在位置のより詳しい指示が手に入ることになる。それがとくに役立つのはそれによって霧の中や日の射さないときでも航行できる

1986年5月号

からである。」

航海術としての測深と採泥の歴史は古い。上述の記載は訳が悪くてわかりにくい具体例をあげるとヘロドトスは『歴史』第2巻エルテルペ(エジプト)の巻で「エジプトはナイルの賜物」という有名な句の直後に次のように述べている(第5節 松平千秋訳 フライエスレーベン 1983参照)。

「海路エジプトに近付き陸地からなお一日の航程の距離において測鉛をおろしてみると泥土が上ってきて水深は11オルグユア(約20m)であることが判る。これによって沖積土が

実にこのあたりまで及んでいることが知られるのである。」

ここではヘロドトスはナイル河の偉大さを述べることに主眼を置いているが 底質は測深とともに たとえ陸が見えなくとも 航海者に陸に近いことを教えているのである。 さらに底質を細かく見分けることが航海者にとって重要なことであった。 とりわけ浅い大陸棚が広い所では 水深に大きな変化がないので 底質は航路を選ぶ上で測位とともに重要な意味を持った。 しかしそれは測深と採泥がひとつの作業として一体となっているからであって 今日のように音波を用いて測深をするようになってくるとそうは言えなくなる。 その意味で次のような説明はおかしい。

「底質は錨泊の適否を判断したり 推測航法の時 これによって 推定位置の決定参考資料として特に重要である。」(杏名・坂戸 1982)

同様な見解は 佐藤・内野 (1973) でも述べられている。

今日 測鉛で測深をする船はほとんど無いから たとえ海図に底質が記載してあっても普通の船は底質を知る手段を持っていないので 推測航法の一助としては使えない。 日本では 838年の円仁の記録に鉄の錘を使用した測深の話があり 成尋の『参天台五台山記』には 1072年に鉛の錘が使用され 同時に採泥も行つて日本では75mの深さで底に石砂があり 唐海では深さ45mで底に泥があるというような記述があるという(飯田 1980)。 元の記録を見出してないので 詳しいことはわからないが 時代が下つて 鎖国前の御朱印船航海の時代に記された『元和航海書』によって航海術としての測深 採泥の実態を知ることができる。

2 池田好運^{けんな}『元和航海書』

元和4 (1618) 年8月付の自序を持つために『元和航海書』と呼ばれるこの無題の写本は 鎖国の時代を越えて現代に日本の大航海時代を伝える数少ない本である。 今世紀に入って学界で紹介されて以来 天文 曆学 航海術 航路の研究がされ 原文も何度も刊行されている。

著者の池田好運は鎖国前の長崎に居住した商人で 序文から日本在住のポルトガル人万^{まの}能^の恵^え留^{りゅう}権^{こん}左^さ呂^ろ (Emanuel Gonsalo) の船に乗って元和2 (1616) 年からルソンに渡航したということの他には あまり伝記のわからない人物である。 当時 日本人の航海術は未熟で朱印船ではしばしば ポルトガル スペイン オランダ 中国等の外国人按針士 (ピロート Pilot 水先案内人) を雇っていた。 この本も元和4 (1618) 年の自序を持つとは 言え



第2図 「つるべ」の図『元和航海書』より。

寛永6~7 (1629~30) 年の記述が混じっており 1606年から1625年の間に出版されたポルトガル王室の天体地理学者 Manuel de Figueiredo の“Exame de Pilots”によるものであると言われている(岩生1985)。 内容は船の測位に関わる天文 曆学のことから 水路誌 航海用具の解説 ポルトガル流の長さの単位の換算表 さらには船乗りの心得にまで及んでいる。 水路誌は「長崎より天川への乗前」「長崎より安南への乗前」「天川より日本への乗前」「シャムラウよりの乗前」の4つに分かれている。

天川：今日のアモイ (厦門)

安南：ベトナム 原文では天川となっているが誤写であることが多くの人によって指摘されている。

シャムラウ：タイ

その内「長崎より安南(原文 天川)への乗前」では 「長崎より安南への乗前」

唐と高砂^{たかざと}のあひを乗る事
〔台湾〕〔間〕

鷹架にさがり 一夜とまり 明る朝日を見てか 又日和を見極
〔長崎湾口 高銚島〕

めたらば 一二番島に出船すべし。 硫黄^{りゅうわう}の嶋を風下に横切
〔長崎湾口 伊王島〕

て 面舵^{おもかぢ}の方の二三の嶋を離れず乗べし 但風によりて大中瀬
〔右舷〕 〔香焼島と〕

亘突き通すこともあり。
沖の島の間〕

硫黄を回してより妻嶋^{つまじま}を立るに おき西の通り弦^{なづな}を乗るべし
〔伊王島〕〔男女群島 女島〕〔西南西〕〔1/16方角〕

此乗前にては 妻島の風上に行く 又おきばやと おき西の間
〔南西〕 〔西南西〕

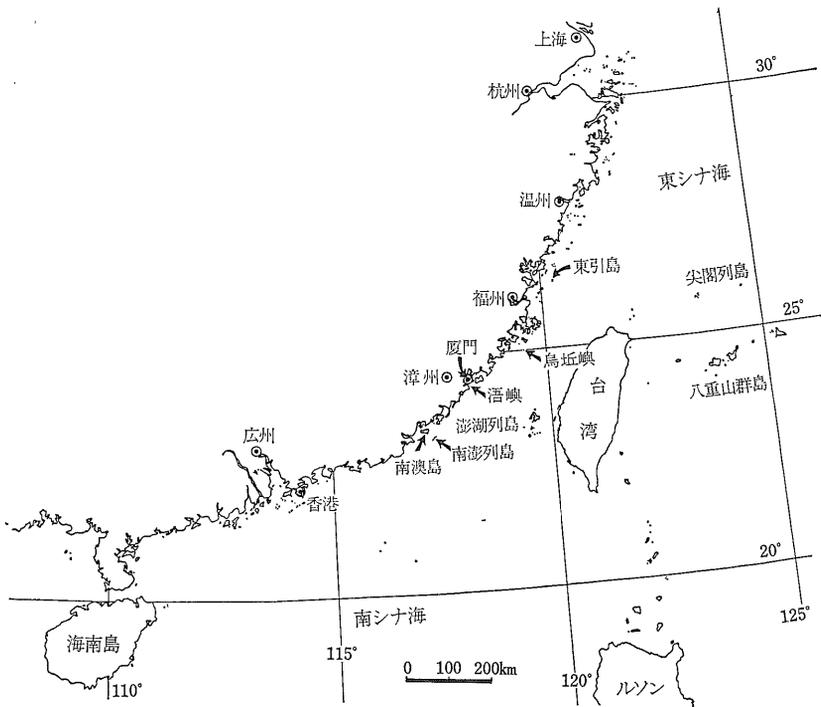
の 小げん^{せうげん}を乗りても不苦。 妻嶋を面舵^{おもかぢ}に二里程見るなり。
〔1/32方角〕 〔苦ならず〕 〔右舷〕

めしまより百里沖へ乗り出し それよりおきばやの方へ乗り
〔南西〕

ウクウ タゲン^{たげん}をたつるなり。 これまで日本道四百里程あり。
〔烏丘嶋〕〔東引島〕

右の針にて乗るうちに 唐の地に乗かくる事 遅しと思はば
つるべを打也。 此なりに鉛にて 重さ八斤九斤の間にひて
〔釣瓶〕 〔約5kg〕

頭の縄付には 鉄を鑄込み 縄付とす。 此つるべの尻を窪め



第3図
台湾海峡周辺地図

牛の油に豚の油を十分一加へ 練り混ぜて置 時々押し込み
舟の艦に綱本を持って つるべ 面へ持ゆき 打込む。一間あ
〔船尾〕 〔船首〕

いに中取して 面へ遣す也。打込めば 一人一人綱を弛し
の綱本より持 まっすぐに縄を立てて測る。

縄(豚の血 押し浸し よく染ませて引出 干す)の小ざし縄
ほど 長さは八十尋(長き所の為に 八十尋二つこしらえへ置。
何も杵に巻)四十尋 四十五尋あらば よき乗前なり 又其内
ならば 唐地に乗りかゝりたりと心得 沖へ乗直し 右の深さ
の所へ乗るべし。若又四十五尋の上あらば 又地の方へ乗べし。
とかく四十尋 四十五尋の深さを乗前にして 訪ねよ。

そこにはごみあり 如此乗ればウクウ タゲン乗り外さぬなり。
〔烏坵嶼〕〔東引島〕

妻嶋より乗出すとき 風上を競って乗れば 唐とめしまの間に
浅き洲あり。若此通りに乗り合ひたらば ちと水濁るべし。
深さは卅尋 卅五尋なり。底には砂あり この洲を乗り越せば
海深く成なり。

其後つるべを打て 浅くば唐の地近しと心得よ。 ウンヂウ
〔温州〕

ホクチウ のかみをたてたらば ウクウの嶋沖に 五十里ほど
〔福州〕

地より出たるなれば 其心得すべし。ウクウの嶋と地との間
を乗りても不苦。さりながら なるほど沖を乗るべし。

タゲンよりラマウへの乗前は タゲンを風上に 日本道十里程
〔南澳島〕

もちて おきばやの大げんを乗るなり。ただしこれにては
〔南西〕〔1/8方角〕

ちと沖へはね出すなり。 おきばやと おき西との間を乗べし。
〔南西〕〔西南西〕

此間の路日本の六十里ほど乗りて 其後おきばやの大げんを乗
べし 此筋を変ずして チンナムタウをたつるなり ただしタ
〔海南島〕

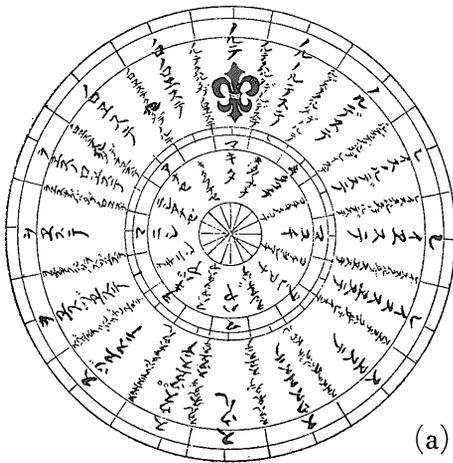
ゲンとラマウの間の深さ ラマウ近く乗れば廿尋あり。
若ラマウより上なれば荒砂あり廿二尋の深さがほんの頭上なり

廿尋にては地に浴ふなり。ラマウ乗通れば 右の廿二尋の深
さにて 底に砂 細白砂に黒砂混じる也。ラマウの真前にて
は 細赤砂に礫がら混じりてあり。(以下略)

原文は主に日本科学古典全書版により 一部 海事史
料叢書版に依った。原文は漢字の少ないカタカナ文で
あるが 読み易くするためにひらがな文にするとともに
適宜 漢字に直し 原文の読みをルビで示した。また
逆に漢字にルビを振ったものもある。地名などの註に
ついては刊行本の註の他に川島(1921) 藤田(1930)

中村(1965) 岩生(1985)を参照し 意見の分かれるもの
については海図も含めて 学説史的に検討して選ん
だ。方角については第4図を参照されたい。好運は
22.5度ごとの1/16方位のことを「とをりげん」「大げん」
「大すじ」と呼び その間を2分した1/32の方位のこ
とを「小げん」または「小すぢ」と呼んでいる。また長
さ 重さの単位は時代の変遷もあり 一概に換算するの
も難しいが 一尋は両手を広げた長さ約 1.6-1.8m である。

中ほどに「つるべ」という測深用の錘のことが書か
れている(第2図)。もちろん近代の海洋測量船のように
正確に水深を測るために停船するわけではない。航走
中に測るのである。舷側に並んだ水夫たちに綱を持た
せて 船首の方へ持っていった「つるべ」(近代航海用語
では測鉛 lead という)を落とし 船の前進と錘の落下に
合わせて手を放して 着底時に鉛直になるようにして



第4図 (a) 『元和航海書』の方角図

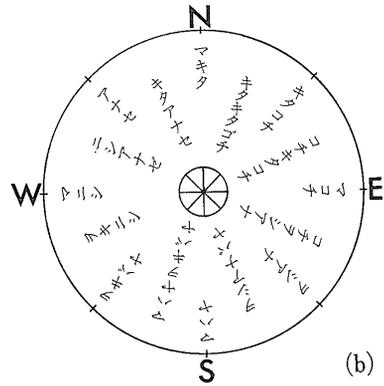
(b) (a)より方角の和名

(c) 南西諸島の方角名(円外)と風位名(円内). 下野 1984.

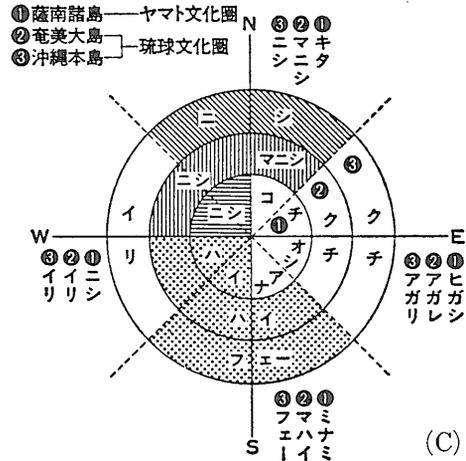
す速く読み取るのである。水深が予想以上に浅ければ船尾の水夫まで来ない内に着底することになるであろう。また水夫は1間ごとに並んでいても網は80尋(約150m)もあるのだから水夫と水夫の間で網をピンと張っていたはずはない。岩生(1985)によれば当時の朱印船の大きさは彼の知り得た11例から推すと平均約270トン長さ約20間(約35m)幅約5間ということである。この「つるべ」については青木昆陽の『続草廬雑談』にも同様な記述があるという。

面白いのは男女群島の傍を通り過ぎてからウクウタゲンへの航路の取り方である。南西へ行くのはあたりまえとしても水深40-45尋のところに沿って進めというのである。水深を頻繁に測って深くなっても浅くなっても針路を修正するように言っている。このことは第5図の東シナ海の地形図を見れば非常によくわかる。この図の水深の単位は fathom であるが 1 fathom ≒ 1 尋と考えると良いから水深40-45 fathom のところを男女群島から辿って行けば自然と台湾海峡の北部に着くようになることが読み取れる。

大航海時代の航海者たちはこの東シナ海の海底地形を経験の積み重ねによって会得していたのである。さらにこのあたりは潮目になるのかゴミがよく漂っているらしくまた陸寄りに走り過ぎると水が濁って来るというのも第6図とよく合う。このように天測位置で航路を記さずに水深底質などいわば対地目標を設定するには次のような理由があると考えられる。当時は帆船の時代であるから風の吹く方向と季節が航海に重要な役



(b)

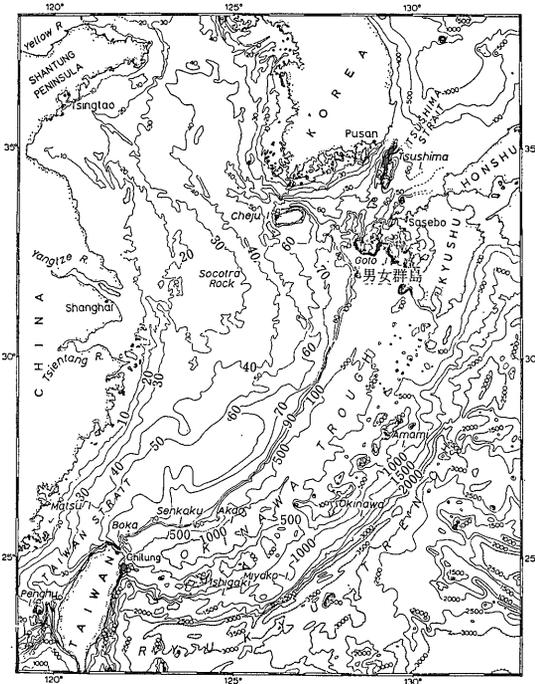


(c)

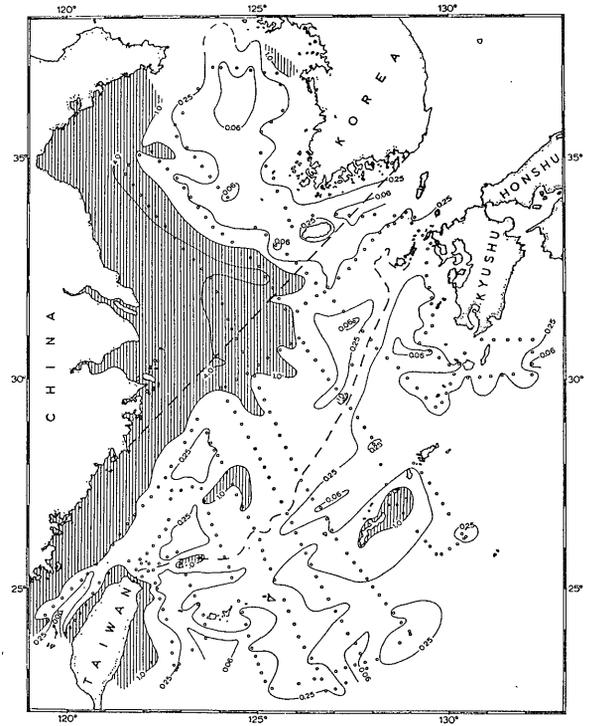
割を果たす。帆船は風の吹く方向にしか進まない訳ではないが風に逆って東シナ海横断のような大距離の移動はできない。そのため例えばアナセと言えば方向を意味するだけではなくある時期にある一定の方向から吹いて来る風をも意味し「アナセに乗って行く」というような言い方も生まれる。ところが東シナ海のような広い地域では同じ季節に吹く風は大略同じでも場所ごとに微妙に方向が異なる。第4図に示すように南西諸島の中でも種子島屋久島を主体とする薩南諸島と奄美大島沖縄本島では風位や方角に対する呼称が違っており端的に言えば沖縄では北をニシと言うのである。下野(1984)はこの事実を次のように説明する。

「南西諸島を南下するごとにニシの風はWからNへと変わりつについてはNを中心とする北風をニシといいNの方角自体もニシと呼ぶようになったと考えるのである。この変化の背景には日本列島に吹く冬期の北風はヤマト文化圏では西よりに吹くが琉球文化圏では北よりに吹くということから大陸高気圧の発生位置に対応するヤマト・琉球の地理的位置も関係しているのかもしれない。

こうした風呼称を実際に転位させたのはニシ風すなわち北風を利用して南下した中・近世の船乗りたちであろう。」



第5図 東シナ海海底地形図 Emery et al. 1969



第6図 Forel の水色標準液による東シナ海の表層水の黄色度 (1968年10月12日～11月28日) Emery et al. 1969.

男女群島の付近を出発した船は次に風に対する帆のあて方を変えて行かなければならない。クロノメーターもなく正確な天測ができる機会が限られていた当時としては水深40-45尋というのは重要な規準となつたに違いない。

更に驚くべきはラマウ近くの底質の記載である。台湾海峡西岸の海底の底質は詳しいことはわからないが東シナ海は広い大陸棚のかかなりの部分に海水準が低かった氷期の残存堆積物として相対的に粗い砂が分布し、陸岸近くでは泥、ごく岸近くでは沖積の砂層が分布する。それらを切つて珠江などの大河の河口近くでは三角州が発達するとともに大陸棚上に侵食に耐えて残つた島嶼の周辺には礫質の堆積物が分布すると考えられる。データがないので「黒砂の混じつた細白砂や細赤砂」がどの何と言うことはできないが今日の海図の底質記載よりも詳しいことは確かである(第7図参照)。「長崎より天川への乗前」では同じところを次のように書いている。

夜中に 大かたの風に船を乗て ラマウの地を見知事叶は不
 [ラマウに同じ 南澳島]
 は 三四尋の所へ乗り出す為には おきばやの方に船の面を向け
 [南西]

て 何れにラマウの地を 回すやうに乗べし。三四尋底に黒き小砂小石などあらば ラマウの通りと心得べし。夜にても星にても地を見ずば 少猶深みへ行通と 廿七八尋底に少黒目なる白き砂のこまかなるに 泥も少々あるあたりならば

1986年5月号

ランマウを過ると知べし。
 それならばレイラウゴより 十二三里はや過たるものなり。

【浮嶋】

レイラウボの海へ着かば 細かなる白き砂黒混じりなるに小石も混じりたり。地は荒き砂に小石混じりなり。何れに底の様子を以て どのあたりということを知べし。

従来『元和航海書』について 様々な研究がされてきたが 天測を中心とする航海術や 曆法 あるいは地名の比定に研究が集中し推測航法の一助としての測深 採泥と東シナ海渡航路について考察したものは無かつた。

3 航海計器の発達と推測航法の衰退

航海術としての採泥の持つ意味を小さくしたのはクロノメーターの発明以降、船の位置を正確に測定できるようになって来たことと海上の目標物に対する測地測量ができ、海図を正確に描くことができるようになって来たことである。測定に多人数を必要とし航走しながら行うために不正確な水深測定よりも六分儀で正確に太陽の高度を測り、時間と航海曆から緯度経度を算出することの方が重要になって来た。最初に水路誌に船上より見た島や港湾の見取図を入れたのは16世紀中頃にフランドルで出版された『海図 (Seekarte)』と言



第7図 ラマウ (南澳島) ルライボ (活嶼) 付近の詳細図、海図第443号 (左) 第469号 (右) の部分。
水路図誌複製「海上保安庁承認第610015号」(第1図及び第7図)

われ 急速に一般化した(フライエスレーベン 1983) それも位置の測定が十分に正確にできるようになったためである。見取図に基づいて総合合わせをしようとしても位置に信頼が置けないと合うようで合わないという事態になることは 私達も島巡りの遊覧船などでよく経験することである。

故に 海図の精度が上がる程 底質を記載することの意味は小さくなって来たと言える。そして音響測深儀の出現は船乗りからじかに底質を見る機会を奪ってしまった。そのため 今日の水路誌には底質はほとんど記載されていないし 海図の底質記載は粒度が中心でむしろ「大型船が停泊し 海底の下層の底質が表層のものとは異なっていることが判明している区域については 両層の底質を海図上に記載することを勧告する」(海上保安庁水路部技術決議 川上1974) というような事態が生じ砂の層の下に泥の層があるような場合には S/M と記されたりしている。

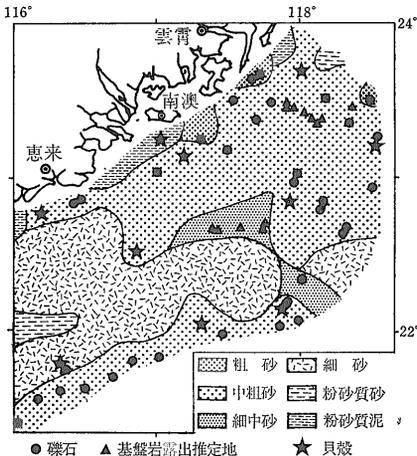
おわりに一底質図の復権一

はじめに触れたように 再び海底の底質が議論されるようになったのは航海上の必要からでは無かった。

Challenger 号が 1875年4月横浜に入港した時 当時の水路部長 柳大佐らは視察に行き 測器などを見ている。水路部で深海の測深を始めたのは1914年のことである。その後「海洋測量」として深海の研究が盛ん

〔追記〕:本稿脱稿後 下記の論文により『元和航海書』の記述が大局において当を得ていることが確認できた。

鄭 鉄民 張 君元 (1982) 台湾浅灘及其附近大陸架の地形和沈積特徴的の初歩研究. 中国科学院海洋研究所海洋地質研究室編『黄東海地質』p. 52—66.



になった(海上保安庁水路部 1971). その頃から底質図が航海用の海図に基づいて論文や報告などに書かれ始めた。その延長上に戦後1949年から54年にかけて出版された日本近海底質分布図などがあるが 堆積学的に検討された堆積図が見られるようになったのはごく最近のことである。

歴史はやり直すことはできないし その可能性もないが 航海術が別の発展を辿っていたら少なくとも大陸棚の上については精密な地図ができていたかも知れないと思うのは私だけであろうか。

参考文献

EMERY K. O. et al. (1969) Geological Structure and Some Water Characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea, C. C. O. P. Techn. Bull. v. 2, p. 3-43
 藤田元春 (1930) 元和航海記航路の研究『小川博士還曆記念論叢 第1部 (史学地理学論叢)』p. 267-321.
 フライエスレーベン, H.—C. (坂本賢三訳) (1983) 『航海術の歴史』334 p. 岩波書店.
 ハットン, ジェームズ (高田紀代志・下坂 英訳) (1978) ≪地球の体系≫ 概要 エピステーメー v. 4 no. 4 p. 116-121 朝日出版社.
 ヘロドトス (松平千秋訳) (1967) 『歴史』世界古典文学全集 v. 10. 筑摩書房.
 飯田嘉郎 (1980) 『日本航海技術史』295 p. 原書房.
 池田與右衛門 (好運) (1630) 『元和航海書』. 収録 (1928) 『海表叢書』v. 3. (元和航海記) 収録 (1929) 『海事史料叢書』v. 5. (元和航海記) 巖松堂書店. 再刊 (1969) 成山堂. 収録 (1943) 『日本科学古典全書』v. 12. (元和航海書) 朝日新聞社. 再刊 (1978)
 岩生成一 (1985) 『新版 朱印船貿易史の研究』吉川弘文館.
 海軍水路部 (1934) 海図第 446 号『鳥塚嶼至東引島』1/300,000
 — (1936) 海図第 469 号『大星嶼至兄弟嶼』1/300,000
 海上保安庁水路部 (1956) 海図第 197 号『長崎港及付近』1/30,000
 — (1967) 海図第 443 号『南澎湖島至鳥塚嶼』1/300,000
 — (1971) 『日本水路史1871~1971』680 p.
 川上喜代四 (1974) 『海の地図 一航海用海図から海底地形図まで』214 p. 朝倉書店.
 川島元次郎 (1921) 『朱印船貿易史』616 p. 内外出版.
 沓名景義・坂戸直輝 (1982) 『海図の知識 (三訂版)』成山堂.
 中村 拓 (1965) 『御朱印船航海図』日本学術振興会. 再刊 (1979) 原書房.
 佐藤一彦・内野孝雄 (1973) 『海洋測量ハンドブック』656 p. 東海大学出版会
 SHEPARD F. P. (1963) "Submarine Geology" 2nd ed. 557p. Harper.
 下野敏見 (1984) 『トビウオ招き』253 p. 八重岳書房.
 杉浦邦朗・岩淵義郎・内野孝雄編 (1977) 『水路測量—水路測量技術テキスト』上 324 p. 日本水路協会.
 宇田道隆 (1978) 『海洋研究発達史』331 p. 海洋科学基礎講座 補巻 東海大学出版会.