

# 海底地質への道

坊城 俊厚

## はじめに

日本の周辺海域での地質調査・研究は、従来、おもに特定の目的で、限定された海域についてのものが多く、全体的な意味での調査・研究は、すべて今後にかけている状況と思われる。北海道についてもその例外でなく、周辺海域の地質が全般にどのようになっているか……などを述べることは、現在では、きわめて困難な事ながらに属している。したがって、ここでは、次の3海域の調査に焦点を合わせていこう。

- ・釧路沖炭田の調査
- ・噴火湾の海底砂鉄調査
- ・津軽海峡西口海底の地質調査

これらは北海道近海の調査のうちでビッグ・スリーと思われるが、その意味は、いずれも多様な調査法を長期に実施し、かなりの経費をかけ、その成果は産業・経済上に直接的な影響力をもたらえられたデータの量も多いからである。さらにこれら調査の過程、技術、成果などすべてが、今後行なわれるこの種調査などに貴重な示唆と素材を提供していると思われるからである。

地質調査所はこれら調査については協力ないし関連機関であったので、ここに用いたデータの大半は調査主体である、日本鉄道建設公団、太平洋炭硯KKなどからの既刊資料とその関係者からの情報などに仰いだものである。第1表はこれら調査の調査法などの要約であるが、これにもとづいて、それぞれの調査の特質、共通点、問題点など気の付いたことにふれてみたい。

## 調査法 調査技術

海底開発の基礎としてのこれら調査は、それぞれきびしい、一種の至上命令的な目的意識のもとに遂行されてきたことは注目に値する。海底の調査は現在でも決して容易ではないが、とくに探査法などが未熟であった調査の初期に、北方海域での関係者の労苦は非常なものであったと想像される。これら調査の目的、対象は3者三様であるが、海底下の基盤岩をおもに問題とする、釧路沖および津軽海峡の2者と、海底表層堆積物を扱う噴

火湾の場合とでは対照的である。調査法は、目的と対象と現場の自然条件などとのからみ合いで3者区々であるが、共通して多岐の技術が用いられ、とくに津軽海峡では、考えられるあらゆるものが使用、テストされたという印象である。

このうち、海底地形、気象、海況の調査は、沿岸陸域調査とともに基本である。津軽海峡では水路部が担当し、精細な地形図などが完成されたが、これに関する小向良七氏の報文中に、須田晁次氏（前水路部長）はその間の事情を「……なお在来海底地形の複雑な部分の大尺度海図の作製は困難なものとされ、ほとんど実施されなかったが、これが完遂されたこと、デッカ測位機の精度テストを実地に行ない得たことは、ともにこの測量・観測の賜物で……」と述べている。釧路沖でも海底地形、測深などは比較的初期に実施された。海底地質が地形によく反映される好例を津軽海峡の調査結果にみることができる。水路部は地形およびドレッジ調査の結果を総合し、第1図(A)の構造図を作成したが、この構造線の多くは、海谷、海崖などの地形、微地形状況、地形区との関連などから想定された。ほぼ同時期に日本国有鉄道が公表した、予察的地質図（第1図(B)）とは両者の符合性が強い。第1図(C)は、その後、音波探査などの成果を加味し、現在、決定版となっているもので、その中には、初期に想定した構造線のいくつかが活かされている。伊崎晃氏（元国鉄技術研究所）によれば、構造上大きな意義をもつ断層は、地形にあまり現われず、むしろこれらに併走する、やや小さい断層が海釜側面の急崖などとしてみとめられる傾向といわれる。また、初期に想定された構造線のうちには、若い堆積物（例白神砂礫丘層）の分布のフロントと、ほぼ一致すると考えられるものもある。さらに黒松内層（新第三系）のマール帯が一種のケモスタ地形として海底に表現されることも知られている。以上は津軽海峡の例であるが、海底地質調査の際も地形の精査と、その解析が有力な調査の武器であることを物語る。

ドレッジ調査は原理的にプリミティブであるが、それなりの堅実性と安定感をもっている。釧路沖および津軽海峡両調査に貢献し、とくに海底状況、地質条件がこれに適した釧路沖では、アクア・ラング潜水調査と合わせ、炭灰に直結した精査に効果があり、その測定密度は津軽海峡の場合の約6倍に達する。津軽海峡でもドレッジによるデータが海底地質図作成の根幹をなしているが、そのような例は北西九州海底炭田の調査にもみられる。しかし本法にも測点位計測その他に限界が知られている。

なお噴火湾では目的 対象のちがいから本法は用いられず 他のサンプリング法がこれにかわる

ここに述べる3海域の調査にも効果が著しいのは物理探査法とくに音波および磁気探査法の実施であろう。音波探査は釧路沖および津軽海峡両調査では国外からの技術導入期(昭和34年)の実施にかかり コンテナニイアス・サイスミック・プロファイラー(一部ラス)が用いられ 現場の地質家自身も記録の解析 解釈にとり組んだ。これら調査結果は 両海域の場合で 音波探査の適応性の面その他で 多少事情を異にするようである。すなわち前者の場合 新第三系はある程度 層

位によって記録パターンの特色があり 中でも八雲層(硬質頁岩)からは 特徴ある連続的の反射面が記録される。訓縫層は泥質部からよい記録が ときに角礫凝灰岩などの角礫の配列が記録されるとみられる場合がある。また黒松内層のマール帯からの反射は鍵層の役割を果たし これを手がかりとし分帯がなされ 構造が描かれているのは興味深い(第2図)。

しかし 凝灰岩類 火山岩類からの情報はよくない。釧路沖では古第三系(浦幌層群)からの記録はその岩相 地層区分には容易に利用できるとはいいがたく 古第三系の音響的性質には不明の点が少なくないようである

第1表 調 査 総 括 表

調査法その他		調 査 海 域	釧 路 沖	噴 火 湾 沿 岸	津 軽 海 峡 西 口
調 査 目 的(対象)			海底炭田の開発(採炭) (古第三系の地質構造等)	海底砂鉄の採掘 (表層未固結堆積物)	青函トンネル建設工事 (新第三系等)
地 形 調 査	陸 域		1/5,000 1/3,000 実測その他	主として既刊地形図による	1/10,000(航測) 1/25,000(実測)他
	海底地形(音測)		1/10,000 局部的に1/5,000 測深3,000点以上	1/50,000 (毎2.5mコンター 約380km <sup>2</sup> )	1/20,000(毎2mコンター)一部 1/5,000, 1/10,000
沿岸陸域地質調査			精査(大正13年以降多数)図幅調査	海浜砂鉄 段丘砂鉄調査多数	概査 層序調査 断層調査 図幅調査(本土側) 他
物 理 探 査	地 震	陸 上			測線長延 約23km
		海 上			〃 〃 51km
	音 波		測線長(延) 934km	同左 243km	同左 517km
	磁 気	陸 上			
海 上				(調査面積) 570km <sup>2</sup>	45測線
試 験 法	アクアラング、ヘルメット潜水		測線長(延) 38km		
	鋼索法	スナッパー一式その他		311点以上	
		ドレッジ	6,560点		2,079点
	海底法 沈置型試すい			300孔以上(パイプロハンマー)	27点(小川式)
	足場法 鉄塔式試すい		4孔(延深度1,130m)		5孔
	船 上 法		3孔(延深度1,774m) 第1探海号	163孔以上(簡易法他)	
	陸 上 試 す い		実施(詳細未調査)		25本(昭和39年までの分)
そ の 他	水中写真撮影				182点(約1500枚)
	潜 水 船				17測線(白鯨号)
位 置 計 測		セキスタント トランシット交会法	セキスタント トランシット交会法	セキスタント トランシット交会法	セキスタント(三点両角法、円座標) 一部デッカ試用
海 象 調 査			検潮 底層流観測	海潮流観測(潮流長期観測をふくむ)	
公表された海底地質図等	面 積	(約) 95km <sup>2</sup>	(約) 200km <sup>2</sup> (表層等厚線図)	(約) 170km <sup>2</sup>	
	精 度	(約) 1/5,000	1/50,000	(約) 1/50,000	
調 査 費 概 算		500,000千円		2,000,000千円	
調 査 期 間		10数年(昭14年以降)	8年(昭35年以降)	15年(昭21年以降)	
調 査 機 関	主 体	太平洋炭硯KK	開発庁 北日本砂鉄 東北砂鉄KK 札幌通産局	日本国有鉄道(日本鉄道建設公団)	
	主要協力・関連機関	北海道大学 水路部 水産大学 北海道教育大学	地質調査所 北海道開発局	北海道大学 水路部 地質調査所	
備 考		佐藤進・太平洋炭硯における海底炭田の探査と海上試験の実施について 鉱山地質vol.18 no.90などによる	斎藤正雄外:噴火湾地域海底砂鉄鉱床調査報告(開発庁)などによる	日本鉄道建設公団資料 伊崎晃:津軽海峡西口海底の地質 鉄道技術研究報告などによる	

る。

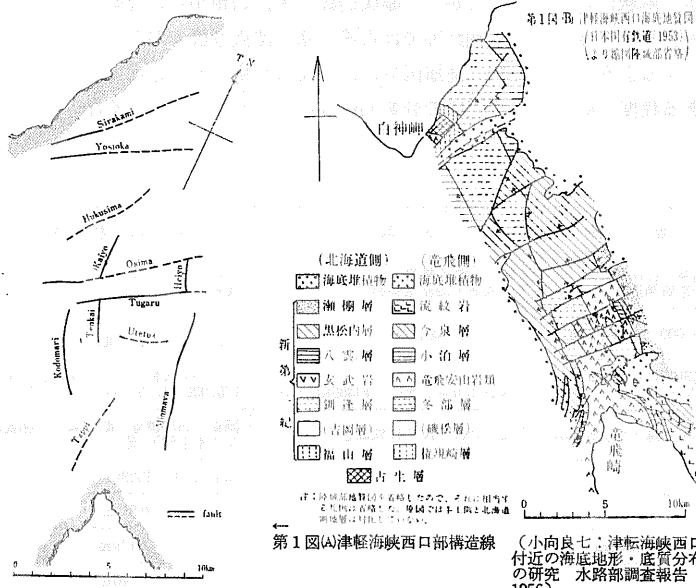
しかしながら音波探査の成果は 釧路沖沖合部における新第三系とみられる地層の新発見 新期堆積物の厚層とその下に伏在する断層との関係 一般的には第三系の構造の把握などと顕著なものがある。噴火湾での音波探査は表層堆積物の性質 その等厚線図の作成に利用され 基盤岩からの情報では 調査海域の一部に八雲層

の存在が予測されているが ここでは基盤に達する試すい資料がなく成果の裏付はなされていない。

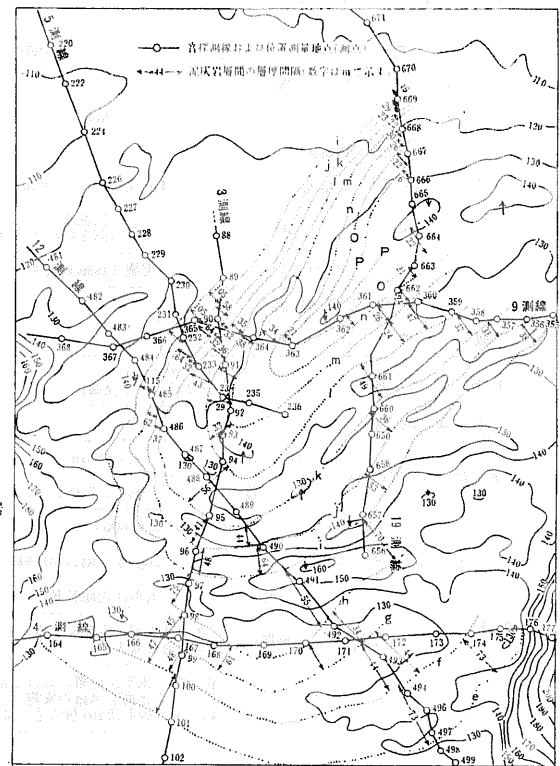
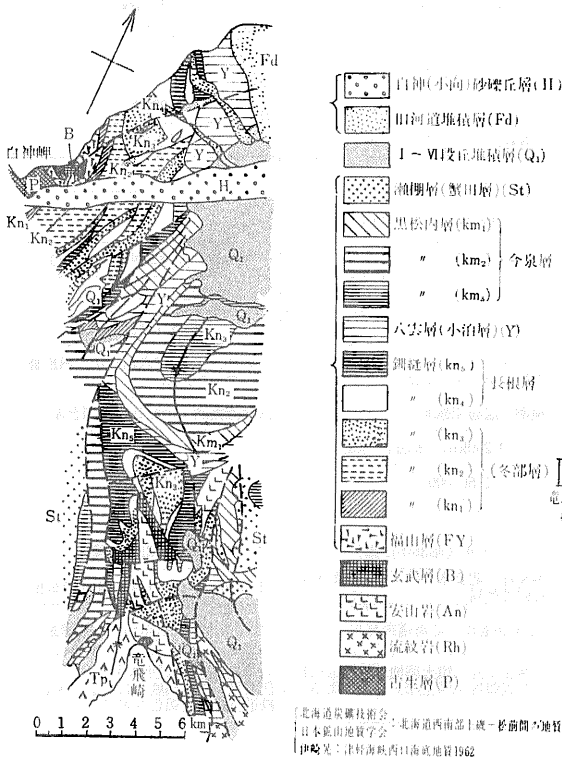
海底砂鉄に対する磁気探査は北海道以外にも事例が多いが 一般に 砂鉄の濃集による磁気異常は数10<sup>7</sup>程度のときが多く 安山岩などの基盤の影響による異常値に比べて1~2桁低いものとみられている。噴火湾の場合にもこのようなケースが検討された。

音波および磁気探査の記録の解釈などには対象海域の地質特性の考慮が当然必要であるが この場合 岩石 地層の物理性の検討が重視され 最近ではこれに関する資料(例 木村重政: 炭田深部構造のための音波探査法に関する実験的研究 1967)も多い。ここでは日本鉄道建設公団浜健介氏による資料の一部を参考として転載する(第2表)。

試すいの意義は ここに述べてきた企業化調査の場合にはとくに大きい。調査の目的などからさまざまな方法が登場し要所をしめくくることとなるが これらは日本の海洋試すいの発展過程での一時期を画するものといえる。足場法



第1図(a)津軽海峡西口部構造線 (小向良七: 津軽海峡西口付近の海底地形・底質分布の研究 水路部調査報告 1956)



第1図(c) 津軽海峡西口付近地質図

第2図 津軽海峡西口C1区における泥灰質の構造

〔伊崎晃: 津軽海峡西口海底地質 日本国有鉄道技術研究所報告 1962より転載〕

第2表

青函トンネル試験斜坑岩石の諸性質 (浜健介: 青函トンネル工事 土木施工vol.9 no.2による)

岩石名	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (最低~最高)	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (最低~最高)	比重 (湿)	吸水率 (%)	弾性波速度 (湿) (m/sec)	動弾性係数 (湿) (kg/cm <sup>2</sup> )×10 <sup>4</sup>	
本州	砂質凝灰岩	263 (109~335)	28 (14~40)	2.08	13.0	2,880	18.6
	火山れき凝灰岩	167 (63.7~293)	22 (9~36)	2.17	12.5	3,035	20.7
	火山角れき岩	286 (12.3~755)	39 (2~90)	2.36	5.9	3,995	40.8
	安山岩	964 (547~1400)	111 (91~131)	2.72	0.7	5,495	84.6
	玄武岩	572 (299~935)	84 (8~146)	2.66	1.7	5,030	69.7
北海道	凝灰岩	219 (90~287)	22 (11~31)	2.19	13.8	2,850	18.2
	シルト岩	474 (196~1066)	33 (17~126)	2.18	10.1	3,050	20.7
	砂質凝灰岩	298 (182~552)	30 (14~50)	2.23	6.1	3,010	20.6
	火山れき凝灰岩	185 (116~288)	12 (10~20)	2.24	11.4	2,830	18.3

鉄塔式試すいが津軽 釧路海域で実用性が高められたが水深数10m以深の津軽海域では海底沈置法(小川式)ショート・ボーリングが一応成功の域に達した(稼動水深最大111m コア採取長最大80cm 淤泥岩)。釧路沖では本格的な船上法が行なわれ 噴火湾ではパイプロ・ハンマー試すいが表層柱状試料の採取(水浅30m以浅 採取深度平均2.2m 昭和42年度)に能率を發揮した。さらに津軽海峡では潜水船(くろしお号 北大)を利用した試すいテストが実施されるなど 調査とともに技術開発が平行したことが これら調査の1つの特長となる。津軽海峡の調査は海潮流 水深など作業条件がもっともきびしい例である。

海底地質を究明する上で意外に手を抜かれがちとなるのは沿岸陸域部の地質調査である。ここに述べる北海道の場合は第1表にみられるように陸域調査から出発する正統的な手順が踏まれていて心強い。一般に沿岸陸域の地質調査のみから海域地質をある程度の確度をもって類推できる範囲はきわめて限定される。しかし種々の海域調査のデータの総合解釈には後背陸域の地質に関する知見が根本で このため海とは逆の内陸部に向い調査をすすめたり 遠い標式地の地層を訪ねたりするのは 全く 陸上の地質調査の場合と同様である。ここには陸域で究明された地質構造の 패턴の特性を利用し 海域で遭遇した断層の性状を解釈した 釧路沖の例など興味ある事例が豊富にみられる。

以上調査法などについてふれたが いうまでもなく個々の調査法はそれのみで万能ではなく また 未固結表層堆積物を対象とするときと 岩盤を目的とする場合とでは調査法 地質の解釈法などに大きな差異があることは常に銘記すべきであろう。

### 調査体制

調査法が多岐にわたり 技術開発が平行し 調査計画成果の判定などにも広い分野の専門家多数の参加を要したことから これらの調査は関係機関との協力体制で推進されたのが特長の1つである。つまり単一の調査主体のみでは業務の完遂がむずかしかつた事例で これは今後の海洋地質調査の進め方に1つの示唆を与える。

とくに より調査規模の大きい津軽海峡の場合は 周知のように 国鉄はこのため「津軽海峡ずい道技術調査委員会」などを設けて頭脳の結集を図った。実施面での一例を津軽海峡の海底地形など 調査を例として掲げよう。

担当機関: 海上保安庁水路部  
 実施時期: 昭和29 30年  
 実施期間: 176日  
 従事技術者数: 63名  
 使用船: (延) 9隻  
 主要調査事項 { 水測 海底地形測量(測深図 地形図など16葉作成)  
 デッカ精度テスト  
 ドレッシング(試料採取個数 1,930)  
 (小向良七:水路部報告 昭和31からとりまとめ)

釧路沖の場合を合わせこれら調査の初期で海底地形ドレヅ調査に水路部 水産大学の強力な支援があり その成果は高く評価されている。噴火湾の場合は調査主体は単一でなく やや 複雑な関係にあるが 要するに種々の調査が種々の機関により行なわれ 海底砂鉄についての資料の蓄積がなされている。

調査の遂行上 各主体機関の払った大きな努力はいうまでもないが 北海道大学佐々教授などの方々との継続的な指導・貢献はここに書きおとすことはできない。

## 調査の成果と感想

海底地質図の精度の問題は陸上の場合とともに重要であり、必要な精度を出すため多くの努力が要求される。気象海況それらと関連する調査法の限界企業化調査ではとくに採算性などの制約を乗り越えなければならない。いま津軽海峡、釧路沖両者でみると地質図原図は前者で1/20,000（局部的に1/10,000~1/5000があると思われる）後者で1/5,000および1/10,000であり公表されたものはともに1/50,000（程度）である。そして両者とも第三系は層（Formation）単位にさらに一部は部層（Member）にまで区分した地質図となっている。これは調査目的から当然とはいいながら関係者の努力は高く賞揚されてよいであろう。しかし陸域地質図と一見同様にみえるこれらの精度は地層の境界1つをとってみても陸上の場合に比べかなり低いものであることは岩層の直接観察の限界性試料採取位置の精度などから容易に察せられる。海底地質図の利用に際しては素材その作成過程の検討がとくに重視されるゆえんである。

噴火湾の場合、海底地質図（底質分布図）は作られていないがこれは調査の目的性格によるものであろう。

噴火湾海底砂鉄に関する最近の資料（斎藤正雄他：北海道開発庁 1968）のうちで興味を引くことの1つは表層堆積物をごく浅い部分（海底面下から20~50cm）とそれ以下の部分とに2層区分しそれぞれについての鉱物組成などを比較検討していることである。海底面直下のごく浅い部分は含水率が高く底層流などによる移動性にとむものと推定されているがこの部分の砂鉄鉱床の着磁品位（平均 3.33%）はそれ以深の部分中の鉱床品位（平均 2.76%）より高い値を示す。また砂鉄の濃集（鉱床）形態や規模も両者の間に差異がある。さらに海底砂鉄の賦存形態と周辺の海浜および段丘砂鉄のそれとは当然のことながら区別がみとめられる。一方東京湾の海底砂鉄についても品位分布などに上記と同様な傾向があるといわれる。いずれにせよ以上の特性は今後の噴火湾の海底砂鉄資源の評価、採掘技術に対して大きく影響しよう。また従来調査結果からその資源的ポテンシャルはわが国の海底砂鉄のうちではやはり屈指のものと考えられている。

## 今後の問題など

上記3海域の調査は津軽海峡のようにトンネル予備工事（調査坑の開さく）に重点が切りかえられたものもあるが今後一層の精密調査の余地が多分にあることは関係

者の一致した見解である。— そのようなことの一つには釧路沖および津軽海峡でのさらに高精度の地形調査があげられている。トンネル工事での最大の問題である止水対策に関し漏水原因の一つとしての粗粒玄武岩々脈の位置性状を海底地形との関連から一層の確度をもって探査する計画などである。また津軽海峡のトンネル（調査坑）掘さくにとりなり前方予知は重要課題の1つですでにかなりの先進ボーリング（例 孔名YB; 岩盤掘進長 988.65m）が行なわれている。このような地質の精査は粗粒玄武岩々脈や断層についての物性的地質工学的側面などを重視した形で推進されるであろう。また坑内水の源を求めるための地球化学的研究も要請される。対象をしばって実施される今後の調査にも試すいの能率・安定化そのコスト・ダウンが共通の問題として提起されているのは北海道の場合に限らない。とくに海洋試すい（サンプリング）では表層柱状試料採取の長尺化簡易化水深数10m以深での岩盤試すい技術の確立などが要請されており東大海洋研究所地質調査所試すい機メーカーなどにおいて解決が急がれている。しかしこれらは容易なことではない。試すい技術についてのこのような見通しは別としても釧路沖の新第三系下の古第三系および炭田基盤の中生界についてのさらに詳しい構造探査などには音波探査など物理探査にかけられる期待には大きいものがある。この場合の所要の技術開発（音波出力のエネルギー増加など）については地質調査所においてもほぼ完成されている。

以上は海底の地下資源および応用地質分野における企業化調査の例であり調査の大部分は浅海域（津軽海峡での水深 450mが調査の最大水深）で行なわれたものである。これらは海洋地質調査の一部であることは間違いないがやや片寄った印象を読者に与えるおそれなしとはいえない。ここでは東大海洋研究所淡青丸による石狩湾周辺の調査石油資源の調査ソ連などによる北海道近海の海洋調査などにはふれなかったがそれらの価値を無視したのでない。このような性格の調査研究もふくめ海洋地質調査研究の全般は間口奥行ともに巨大でその発展は今後期待される面がきわめて強いことをつけ加える。

（筆者は燃料部）

（付記）・本文とりまとめにあたり資料提供などご支援を多くの方から賜った。ここに列記して謝礼にかえる。佐藤進（太平洋炭鉱KK）持田豊（日本鉄道建設公団）原島竜一（日本鉄道建設公団）大西弘（ヤマトボーリングKK）当所関係職員（氏名省略）（敬称略）  
・釧路沖海底地質図は必要と思ったが掲載を省略した。佐藤進氏報文（前掲第1表中）を参照ねがいたい。