国鉄における海峡調査の歴史と現況

伊 崎 晃*

Under-Sea Geological Survey by J.N.R.
by

Akira Izaki

Abstract

Japanese National Railways, famous for its Kammon under-sea tunnel, is now carrying out his next marine geological survey in three localities, i.e. Tsugaru, Akashi and Naruto Straits. We can have much more useful methods than in Kammon days, and so the secret of deeper, wider, and rapid-swifiting sea bottom is revealed step by step by tight combination of all possible survey works.

1. はしがき

大陸から孤立しいくつかの小島より成る我が国においては、それ等相互をトンネル又は橋りようで結び、文字通り国土の一体化を図ることは、交通上の大きな要請である。ことに鉄道は中・長距離大量陸上輸送の根幹をなすことから、国鉄は古くから此の問題に取組み、今日までに

関門海峡	下関・門司間
朝鮮海峡	唐津・壱岐・対島・南鮮間
津軽海峡	竜飛崎・渡島国福島間
明石瀬戸	舞子・岩屋間
鳴門	門崎（淡路島） 孫崎（鳴門市）間

の五海峡の調査を手掛けてきた。このうち工事が実際に完了し、現に列車が通じているのはもちろん関門トンネルだけであるが、他の諸海峡におい

* 鉄道技術研究所

ても程度の差はあれいろいろの調査を試み研究を重ねてきたので、ここにその地質調査を主題として歴史をふりかえり、現況をのべてみたいと思う。更に多数の地点で渡海橋梁や其の他さまざまな建設・開発に伴う海底地質調査が盛んになりつつある今日、何等かの御参考にもなれば望外の光栄である。

1)

2. 関門トンネルの調査の沿革

関門連絡鉄道の計画は明治44年、鉄道院総裁後藤新平伯によつてとりあげられたというからずい分古い。然しその発端は更に古く、明治29年秋、才五回全国商業会議所連合会が博多で開かれたとき、博多商業会議所が政府に建議し、帝国議會に請願したのが始まりで、時に山陽鉄道が下関まで全通する未だ5年前のことであつた。

当初、鉄道院は列車航送・橋梁・トンネルの3案を考え、東大教授神保小虎氏に現地踏査を依頼したところ、「トンネル通過地点は粗鬆な岩石と堅固な岩石が入り交り、その堅固な部分にも裂~~き~~多~~く~~、浸水に対して安全なものとは認められぬ」という意見であつた。

大正3年、京大教授田辺朔郎氏の外遊に際し、欧米各地の水底工法の視察を特にお願したところ、氏は多数の実例をあげ、トンネル工事の可能なことを詳細に報告された。

才一次大戦前の見積りによれば、橋梁案約2,200万円、トンネル案1,300万円とされ、国防上の見地もあつて大正7年、鉄道院はトンネル案に決定した。

かくして大正8～9兩年夏、才1回の海底地質調査が、門司市大里西方の海中4ヶ所でboringにより行われた。この時は下部にair tankを附した浮足場を使用、試錐機はクレリウス式で、廻転は人力により、handleはノルウェイ人を雇つて握らせた。

其の後、欧州大戦で物価騰貴し、既定予算ではとても出来なくなり、更に大正12年の大震災で多額の復旧費を必要とすることになつて、此の調査は一時中絶された。

昭和2年から4年にかけて再び海中19ヶ所の試錐をはじめ、潮流調査、漂沙調査、船舶航行状態調査等を行つたが、これも昭和5年に経済恐慌のため中止となつてしまつた。

昭和10年、三度で建設の声起り、候補路線附近に海中7本、下関方(陸上)2本、門司方(陸上)6本の試錐を行い、現在のルートを決定した。

(これまでに行われていたボウリングはもつと北東側、現在の門司港駅に近い別の候補路線上であつた)

昭和11年秋には決定ルート上の大瀬戸海上で初めて地震探査を行い、試錐と両方のデータから一応トンネル区間の地質を次のように推定した。

イ．彦島側 硯石統の schalstein(4.0 km/sec) 及才三紀層の砂岩・頁岩・礫岩互層(2.65~3.25 km/sec)より成り之をひん岩(4.6 km/sec) が貫く。

ロ．門司側 granite(5.04km/sec)が主であるが、上部は厚く風化す(1.54km/sec)。

海峡中央部に近い処では granite に貫入されて変質した緑色珪岩黒雲母 hornfels 互層(5.5km/sec)がある。

ハ．両者の境は断層

ニ．海底表面には若い粘土・貝ガラ交り砂礫層がずっと分布する。

翌12年初頭には、当時真鶴沖に碇船中の西村深海研究所々有、長さ6 m、重さ8 tonの豆潜航艇により、中心線上の海底を丹念に調査した。大瀬戸の流速は約2 m/sec(4ノツト)で、海底に漂砂の存在は考えられないが、全く予想通り漂砂はなく、一部には堅岩の露頭さえ発見された。

これよりさき、11年秋には兩岸に試掘堅坑を降し、これより $7/1000$ の上り勾配にて地質の確認にかかった。(12年末)

14年には更に地震法による精査を試み、下関方海底部の軟弱地帯を海上より調べたところ堅坑より260 m の箇所にある断層は1.0 km/sec 幅約15 mあり、又堅坑底より407 mの才2断層以遠は速度1.0~2.8 km/sec の軟弱帯が続いていることが判明した。一方、門司方では シールド工法区間の調査を目的として、門司方試掘坑道内でダイナマイトを爆破、海底に微動計を設置して之を観測しようとしたが、坑内と海上では敏速な連絡が難しく互に都合の良い時刻が一致せず発破の時期を失することが多く、僅か30分内外の転流時間内に漸く1ヶ所の記録しか得られぬようなことであつて之は成功しなかつた。

然し此のように多年にわたり、且つ当時としては最も嶄新な技術をつくして詳細な事前の調査を成しとげ、正しく地質を予知していたからこそ、世界初の海底トンネルを成功裡に完成させる基礎が開けたものと言えるであらう。

3. 朝鮮海峡連絡トンネルの調査

之は戦争中のことでついに公表される機会がなかったが、国鉄では工期 20 年間で朝鮮海峡連絡鉄道の建設を計画、昭和 13～17 年頃にかけて一部地質調査をも実施した。

昭和 13 年に一応の地上概査を終了、之より海底地質を推定すると

(1) 唐津－杵岐間（最大水深 50 m）

才三紀層を火山噴出岩類がおおう。従つて火山岩の厚さが問題で、余り深くない処に才三紀層があることが望ましい。

(2) 杵岐－対島間（最大水深 115 m）

杵岐は才三紀層を基盤とし、安山岩、玄武岩及びそれらの集塊岩が広く被覆している。対島は砂岩・頁岩を主とする中生層より成り、ひん岩・石英斑岩を介在し、花崗岩・斑礫岩が中生層を貫く。故にその間の海底には恐らく不整合があろうが、その位置は不明。尚、対島を地塁と仮定すれば、其の東海岸附近に断層の存在が考えられる。

(3) 対島－南鮮間（最大水深 210 m）

主として中生層（泥灰岩・頁岩・砂岩・硬砂岩、schalstein 等）より成り、ひん岩やその角礫岩を挾在する。対島西岸は断層崖を成すので、その破碎帯通過は避け難い。

と考えられた。

昭和 16 年には呼子・杵岐間に散在する諸島間の海底一帯で地震探査が開始され、海底部における熔岩の厚さが良く判つたが、附近で潜水艦の事故が起り、加唐島－杵岐間は中止となつた。

翌 17 年、加唐島南端に 200 m の試錐を行い、地表下 108 m で安山岩・集塊岩等が才三紀層の凝灰岩と境していることを確認した。

更に次の計画を有していたが、之は結局実現に至らず終戦となつた。

イ・地震探査 加唐島－杵岐－対島－釜山間

ロ・音測等で海底岩盤の位置を探り、潜水夫により岩石を爆破・採取せしむ。

ハ・試錐 杵岐印通寺・才三紀層の深さを見る。

ニ・立坑及試掘坑道 対島より東・西岸の断層破碎帯に達する迄。

ホ・電探

4. 津軽海峡連絡トンネル計画の発端と経緯

此の構想も発端は昭和 14 年頃に遡る。当時は専ら図上で

イ・下北半島先端から函館東方の汐留岬に渡る東コース

ロ・津軽半島先端から渡島半島南端附近に至る西コース
の両案につき比較研究が進められていたが、終戦までは現地調査に至らなかった。

戦後、我が国が四つの島に1億近い大人口を擁して自活しなければならなくなつて北海道の重要性が再認識されるに及び、本トンネルの問題もにわかには時代の脚光を浴びてきた。これに呼応し当時の運輸省では非公式ながら部内に調査委員会を設け、才1回の会合を21年4月24日に開催、以来24年に至るまで11回の会合を重ね、此の間に関係資料・文献等の収集、既刊海図のチェック、陸上部の概査等を行うと共に、候補ルートを水深及び地質の点から前記ロ・の西コースにしぼり、これについて若干のボーリング及地震探査などを実施した。

其の後国鉄の公共企業体移管に伴い、暫く此の調査は全く中絶されてしまったが、世情の落着、講和条約の発効などで人心に余裕を生ずると自ら国民の希望として此のような大事業が要請されるものか、28年には才16国会の議決を経て、鉄道敷設法才1条別表に「青森県三厩附近より渡島国福島附近に至る鉄道」が予定線として追加され、鉄道に敷く意志がはじめて法的に明文化されるに至つた。

このような機運を背景として28年頃より国鉄でも此の調査の再開を企図、いよいよ本格的調査にのり出したところ、図らずも29年9月には不幸な洞爺丸の惨事が起り、世間の此のトンネルに対する関心はいよいよ強まる結果となつたので、翌2月18日、国鉄では「津軽海峡連絡ずい道技術調査委員会」を設け、所要の技術上の調査を強力に推進する態勢を整えた。これには地質・施工の両部会を設け、それぞれ我が国における斯界の最高権威者十数氏を特別委員に迎えていろいろ御指導を願つており、此の委員会は後(34年1月)に「海峡連絡鉄道技術調査委員会」と改組して本州・四国間の海峡調査をも担当して今日に及んでいる。

5. 海底地質調査の諸方法

ここで其の後の地質調査経過を述べる前に、暫く海底調査の諸方法について考察してみよう。

海底といい、陸上というも地質学的に見ればそれは偶々現在どこに海水面があるかによつてきまる差異に過ぎぬのであるから、海底調査もその方法の原則においては陸上と何等変る筈はないわけである。然しわれわれは之を適用するのに、人類が素手では近づき難い水という厚層をとおして行

わなければならない、これが海底調査のあらゆる難点の根元をなしている。従つて此の厄介な厚層を如何に克服するかが海底調査における最大の問題点であつて、今日駆使されているいろいろの調査用機器も、その殆んどがここを出発点として工夫されているのである。

このような観点に立つて技術の現段階においてわれわれが海底地質調査に動員できる諸方法を総括してみると、およそ才1表の如くなる。実際の調査に当り、これらをどのように組合せ、順序立てて実施していくかは各々の場合の

- i) 目的(探鉱・土木・漁業等)及精度
- ii) 現場の自然条件(水深・底質・海底地形・海潮流・気象・陸からの距離など)
- iii) 現場の人為的条件(船舶交通量・漁業関係など)
- iv) 調査者自身の条件(予算及時間的余裕など)
- v) その他(基地の状況・技術者及労務事情など)

さまざまな要因に大きく関係するが、どのような方法であれ、それ一つの調査で総て足りるというものはありません、従つて出来るだけ多くの方法により異つた種類のデータを集め、それらの総合判断により正確な結論を導くようにしなければならない。

それに海底地質調査でもう一つ重要なのは、位置の測量である。これは

- イ・目的とする調査地点に近づく為

- ロ・得られた地質上の資料を正しく解析し判断する為

の二つの理由に基づくもので、今日の海面上の位置測量法としては才2表のごとくさまざまな方法が考えられるが、それぞれの

- i) 測量技術上の精度
- ii) 最小観測時隔
- iii) 操船者への連絡の難易
- iv) 稼働性(天候などに左右される程度)
- v) 観測成果の復元性(後日チェックの可否)
- vi) 所要経費
- vii) 操作の難易、熟練の要否

などを充分考慮し、地質調査手段と最も釣合いのとれた測位方式を選ばなければならない。

戦後は音響測深機の普及により水深の精測が極めて確実・容易となつたため、国鉄では地質精査に先立つて先づ精細な海底地形図を作成(海上

才 1 表 各種海底地質調査法比較表 (佐々保雄教授原案と一部訂補)

探 査 方 法	観 測 要 項	電 可 光 能 で 照 射	地 質 見 える 肉 眼 可 か	何 人 出 来 る 観 測	海 底 写 真 可 可 か	連 続 的 観 測 可 か	表 面 の 堆 積 可 か	露 石 が 採 取 可 か	基 盤 の 深 さ 可 か	何 時 間 観 測 可 か	来 る 深 度 可 か	行 動 性 可 か	どんな地質判定が出来るか					観 測 地 点 の 正 確 性	船 隻 の 大 小	備 考	海 け 合 調 利 用 に 値 お 値
													点 状	線 状	岩 種	色 調	地 層				
海 底 表 部 の 探 査	ア ク ア ラ ン グ		○	1 人			○	○		せいせい3時間	30m	A(短距離)	○	○	○	○	○	A	小 舟		C
	ド レ ッ ジ ン グ						○	○		基地からの距離と水深次第	ケーブルの長さ次第	1日約5~40点(深さによる)	○		○	○	○	C	中型船	角型(新野式)など概査に好適	B
	ピストンコアサンプラー						○	○		"	"	深さによる	○		岩石が採れば	○	○	A	"		C
	水 中 写 真	○			○					"	"	A(船と共に移動)	○		△	△	△	C	小 舟		C
	水中テレビジョン	○	○	無制限	○	○?				"	"	A(")	○	○?	△	△	△	C	中型船		C
	潜 水 艦	○	○	2~4人	○	○	○	○	△	6~8時間	200m	A(自走も可)	○	○	○	○	○	B	"	例 くらしお(北大) 白鯨号,東海号(東海カページ)	A
	バ シ ス カ ー フ	○	○	1 人	○	○					6,000m	?	○		○	○	○	C	"		C
物 理 探 査	重 力 探 査									1地点に約30分を要す	100m	B	○		密度につ		?	B	"	漁業に害なし	C
	磁 気 探 査					△				基地からの距離による	岩石の磁性による	A(船と共に移動)		○	磁性 "			A	"	"	C+
	電 気 探 査					○				"	?	B		○	SP及P			A	"	可探深度は小	C
	地 震 探 査					△				"	200m	C		△	地震波速		地質構造について	方法によりA~C	小 2隻 中 1隻	漁業に影響することあり	A-
	ソ ノ プ ロ ー プ					○				"	400m	A(船と共に移動)		○				A	小 舟	薄層に対し解析ガス 浅部の調査に好適, 漁業に害なし	B+~A
	C.S.P.(スパーカー)					○				"	"	A(")		○				A	"	透透力や大・深部(100~200)の調査に便, 漁業に害なし	A
	サブサレックス					○				"	?	A(")		○				A	"	透透力最大・まだ商業化はされてない, 漁業に害なり	A
海 底 ボ ウ リ ン グ	船上からの試錐						○	○	○	制限なし	300m 既注100m	B	○		○	○	○	A	中型船以上	例・リンコン号・サブマレックス号 ラシエンア号	A
	試錐機を 小川式						○	○	○	"	300m	A	○		○	○	○	A	中型船	コアー長2mまで	B
	沈置させて 橋本式						○	○	○	"	50m	B								潜水夫により作業する	
	潜水艇に試錐機をつけて						○	○	○	"	200m	A	○		○	○	○	A~B	"	例・岡部式(研究中)くらしお	A~B
	定置櫓						○	○	○	"	40m	C	○		○	○	○	A	引船必要	水深に強い制約あり	C
	移動可能後						○	○	○	"	"	C	○		○	○	○	A	"	"	C
	昇降型						○	○	○	"	"	B	○		○	○	○	A	"	"	C
人 工 島	デロング式						○	○	○	"	"	B	○		○	○	○	A	"	"	C
	ルトーノ式						○	○	○	"	"	B	○		○	○	○	A	"	"	C

オ 2 表 海面上における位置決定法

何を測るか どこで測るか	角 度	距 離		水 深	平 面
		波動源は海上	波動源は陸上		
陸 上	2ヶ所のトランジスト で観測する方法など	2カ所のハンドロ フオンから逆算 する方法など	テルロメーター		
船 上	六角儀による法 (三点両角法・円 座標法) アングルグラフィックカメラ	レーダー	デツカ ロラン シヨラン	精密な水深 図あれば概 測可能のことあり	
飛 行 機					航空写真

保安庁水路部に依託して)することとしているが、これは

イ・地形から或る程度地質を判読することができる。

ロ・種々の海底地質調査作業を適切に計画し、準備し、遂行する上に、実施地点の水深及微地形を正しく知悉することは不可欠である。

ハ・方法・精度・実施時期などの異なる各種海底地質調査資料を総合的に検討する際、相互の関係位置をチェックし、補正する上に非常に有力な拠り所となる。

などの理由で極めて大きい役割を果たしている実情である。

6. 最近の調査概況

現在国鉄では、前記津軽海峡の他、明石瀬戸及鳴門の海底調査を昭和32年以後平行して進めており、今日までに試みたところを総括するとオ3表のごときこととなる。何処の調査にどの手段が用いられたかは、其の海峡の諸条件もさることながら、海底調査技術の発達の歩みも大きく関係しており、今後更に新しい技術が開発されれば現に調査中の諸海峡の知識は更に飛躍的に向上することとなろう。

現在、

2)

(1) 津軽海峡は大部分にわたり地質構造及層序が判明したが、津軽半

才 3 表 各海峡別海底部地質調査手段及経過一覧

方法	海峡	※ 関 門	呼子壱岐間	津 軽	明 石	鳴 門
海底地形精測				昭29.30 1/20,000 2mコンター	昭32 1/10,000 1mコンター	昭32 1/5,000 1mコンター
ドレッシング				昭28.29.30.33 2011地点	昭32 420地点	
水中写真撮影				昭 30		
潜水艇による海底観察		昭 12			昭 34	
地震探査		昭11.14	昭 16	昭23.28.29.30		
音波探査 (C.S.P. 俗称スピーカー)				昭34 測線長208Km	昭34 測線長117Km	昭34 測線長12Km
沈置式 ボウリング(小川式)				昭33 27地点	昭33 47地点	
移設可能固定デツキ式 ボウリング		大正8.9 昭2.3.4.10				

※ 此の外試掘立坑及パイロットトンネルによる調査を行つた。

島側の火山岩が多い区域では未だ詳細を欠くことが多く、一層調査の要があり、

- 3)
(2) 明石瀬戸は殆んど構造の調査が完了、実際に潜水艇でもその推定の結果を確認しており、
- (3) 鳴門は潮流激しくいろいろな方法の適用が困難で未だ殆んど調査が進んでいない段階である。然し津軽や明石でも、施工上の観点から真に必要なとされる岩質・湧水其の他の詳細な工学的データはどうしても海底下十分な深さまでのボウリング又は試掘トンネルによらなければ得られないであろうから、終局的には是非此のような調査にまで進みたいと考えられる。此の場合、深い(津軽140m、明石117m)海底で十分にボウリングする⁴⁾為には船上から行う他ないのでこれに関しても目下いろいろ調査・研究中である。

参 考 文 献

- 1) 運輸省下関地方施設部：関門隧道（昭24）
- 2) 伊崎 晃：津軽海峡西口附近の海底地質について（講演要旨）地質学雑誌（近刊）
- 3) 伊崎 晃・金子徹一：明石瀬戸東部の音波探査とその解析・物理探鉱 13巻1号（昭35）
- 4) 伊崎 晃：海底ボウリングの諸方法、土木技術 13巻7号（昭33）