

# 山口県大島海域の海底地質調査

——花崗岩地帯の音波探査——

(第1報)

松石秀之  
中井達

## 概要

研究プロジェクトの一つとして、海底調査システムと海底掘削システムを取り上げ、両システムのトータル・システム化の完成を目標としている。特に、調査システムの一環として、海底花崗岩の構造解析(断層、破碎帯等)並びに、風化状態、マサの堆積状況を音波で確認するハードウェアとソフトウェアの開発を目標として、新型のスパーカー、新型ソノプローブ、新型ブーマによる実地調査の検討をおこなった。本報文は、大島大橋海域の新型スパーカー並びに新型ソノプローブによる調査及びその解析結果をまとめたものである。

## 1. 調査研究計画

### 1.1. 調査概要

テスト並びに研究調査項目の第一は、海底花崗岩の風化帯と新鮮部の境界の把握、断層帯又は破碎帯の確認、海底花崗岩と海底洪積層、海底沖積層の境界の確認を行なうことである。第二は、海底掘削、海底工事のための精密な海底地形をボトム・スキャナー、水中テレビの併用によって把握し、海底の花崗岩地帯の小起伏の水中テレビによる観察とアクアラング・ダイバーによる海底の小起伏の確認をおこなって、海底調査システムの高度化を検討した。

### 1.2. 調査期間

調査海域として、山口県大島大橋海域を選定し、昭和45年2月に実施した。

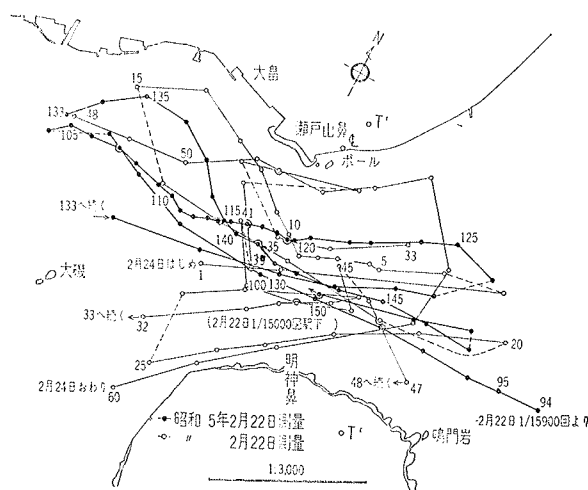
## 2. 調査機器

ボトム・スキャナー、スパーカー、ソノプローブ、水中テレビ、測深機

### 2.1. 調査方法

2.1.1. ソノプローブ 原理:ある特定の音響エネルギーを海中に発射し、その音響エネルギーの反射の記録から海底地形や堆積物の状態を調査する音波探査装置である。

2.1.2. スパーカー 原理:10,000V近い電圧を水中の電極で放電し音波を発生する。発振周波数で100~10,000cpsで、音波は四方に拡散して、海面、海底面、地層の境界面などのあらゆる反射面から反射する。受振器でとらえた受振波を電気的变化に変え、増巾器、濾波器にかけて記録紙に記録する。



図一 大島瀬戸音波探査航跡図

### 2.2. 記録解析

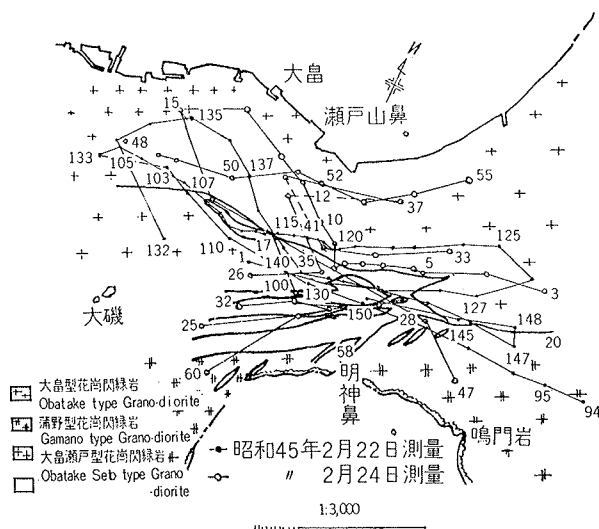
スパーカー、ソノプローブの記録の、パターン認識、パターン分類を行ない、各測線について、測線地質断面図を作製した。

### 2.3. 地質構造図

各測線の測線地質断面図をもとにして、大島海域の平面地質図(主として基盤の分類を示す構造図である)をまとめた。(大島瀬戸海底地質図)

### 2.4. 解析

パターン分類:主として、ソノプローブとスパーカーのパターンから、分類を行なった。Seto type granite (瀬戸型花崗閃緑岩); 節理及び割目が多い。Obatake type granite (Mixed rock) (大島型花崗



図一 大島瀬戸海底地質図

閃緑岩：混生岩）；珩質部をはさむ。

Gamano type granite (蒲野型花崗閃緑岩)；風化作用が激しい。又各型の特徴をみると、Seto type granite；quartz rich, fine grain, joint rich (石英多し，細粒，節理多し)，Obatake type granite；chert band, quartz lense rich (チャードバンド，石英レンズ多し)。Gamano type granite；quartz unrich, mafic mineral rich rock (石英少し，有色鉱物多し) joint undeveloped, weathering distinct (節理なし，風化顕著)，mafic mineral rich のための通りである。

### 3. 解析のまとめ

地史：大島地区の地質，岩石生成並びに構造生成の地史をみると

本源 schist (泥質 schist)  
 ↓  
 granitization (花崗岩化作用)  
 ↓  
 Obatake type granite 生成 (mixed rock)  
 ↓  
 全域をGamano type 花崗閃緑岩が貫入  
 ↓  
 地質構造が完成した後でSeto type 花崗閃緑岩 (two-mica-granite) が貫入して構造が完成した。

ドーム状構造は地域の泥質 schist が granitization (花崗岩化作用) を受け，Obatake 型花崗閃緑岩が生成するまでに出来た。このため，Gamano 型花崗閃緑岩は concordant 状を示す。(勿論一部は，discordant に切る所もある)

### 3.1. 海域の地質構造線

ドーム状の地質構造完成後には構造線は存在していたと判断されるが，現在では，この構造線は Seto 型花崗閃緑岩で充填されている。地質変動によって大きく動くことはない。又，沿岸陸上部で著しい地質構造線は認められない。

### 3.2. 海底地形と岩石型の関係

岩石型	特徴	海底における風化状態	海底の侵蝕状態
Obatake 型 (Mixed Rock)	Siliceous band Siliceous lenseが多い	中	中
Seto 型	joint crack 多し (サイの目)	小	大
Gamano 型	Malic Mineral 多し	大	大

表一

### 3.3. 海底花崗岩の風化に関する問題点

Seto type granite；薄い sheet 状岩体，又は樹枝状分岐脈岩体として蒲野型と大島型に貫入しているので，海底面に露出している，Seto型の岩質は良好であっても，その下部の蒲野型花崗閃緑岩が風化をうけている懸念がある。従って，海底に直接露出している Seto 型の下部に予想される花崗岩の岩型をボーリングで確認する必要がある。

Obatake 型 (mixed rock) (大島花崗閃緑岩)；mica (雲母)の多い部分と quartz (石英)の多い部分がある。従って，風化は一様にすすまない不均質な風化状態を示している。

siliceous band (珩質帯)は厚さ 10cm 程度から厚い部分では pocket 状の granitic (花崗岩質)な組成をもった部分が数mの層厚を示す。Gamano 型 (蒲野花崗閃緑岩)：玉ネギ状芯をもつ，風化は極めて顕著である。

### 3.4. Joint (節理) 又は Crack (割目)

Seto型 (瀬戸型花崗閃緑岩)；顕著，サイの目状に割れる。

Obatake type (mixed rock) (混生岩)；風化した場合，雲母の面から剥げ易い。

Gamano type granite；割目が多数生成している fissure zone でなければ問題は無い。

### 3.5. 支持盤

沖積層，洪積層の粘土層，砂層又は礫層等を対象とする場合の支持層の検討と異なって，海底花崗岩は岩盤として，岩盤の変形又は強度を推定しなければならない。花崗岩は一般に強固な岩盤からなり，その支持

力は作用力に対し、余裕があると判断されている。備讃瀬戸においては、花崗岩は海底表層部のマサ、亀裂の多い風化花崗岩(軟質化)、新鮮花崗岩に分れる。地盤定数はマサから新鮮花崗岩へ風化度の順にA, B, Cの3種に大別している。

マサ; N値30以上

風化花崗岩; ボーリングコアの一軸圧縮強度が500 kg/cm<sup>2</sup>以下, C=40t/m<sup>2</sup>, φ=45°

新鮮花崗岩; C=200t, φ=45°としている。

地質	γ (t/m) 地盤の 単位体 積重量	φ (度) 地盤の 内部摩 擦角	C (t/m) 地盤の 粘着力	Ed (kgcm) 地盤の 弾性係 数 (常時)	pa (kgcm) 地盤の 弾性係 数 (地震時)	Ed (t/m) 地盤の 許容支 持力 (常時)	pa' (t/m) 地盤の 許容支 持力 (地震時)
花崗岩A (マサ)	2.2	37	8	1,500	4,500	—	—
花崗岩B (風化)	2.5	45	40	30,000	60,000	900	1,300
花崗岩C (新鮮)	2.5	45	200	50,000	100,000	2,000	2,900

表-2

大島海域において、海底花崗岩を支持盤と言う観点から検討するためには、根本的な方針とも言える岩石工学的な検討方法の研究から開始しなければならない。我々が、ボーリングコアとして採取しているのは極めて大きな然も不均質な岩体の僅か一部を採取しているにすぎず、且つ、この小試験片の強度を測定しているわけで、測定された数値そのものが、岩盤の特性をそのまま表示していると考えた事は危険である。従って、このような small specimens (小試験片) の測定値であることをよく認識して、岩盤の特性を把握しなければならない。大島海域全体は已に述べた通り、(A)大島型花崗閃緑岩 (B)蒲野型花崗閃緑岩 (C)大島瀬戸型花崗閃緑岩の三つの岩体の複合体である。又、この(A)(B)(C)の三つの岩体は、夫々が独特の岩石工学的特徴をもっているし、岩体として考えた場合は夫々が独自の系をなして生成されたものであり、構造的単位である。従って、岩盤特性を考える場合マクロ的な立場から海域全体として三つの岩体の複合体岩体を考える場合、大島型、蒲野型、大島瀬戸型の3岩体を夫々の岩石工学的単位としてセミ・マクロの見方をする場合、3つの岩体は夫々最上部マサ層、風化帯、新鮮帯の3つの小単位に分けて検討する極めてミクロの場合の3つの検討が必要となる。且つ、夫々を有機的に相関性をもたして検討すべきである。

大島型花崗閃緑岩; マサ及び強風化帯を除き問題なし。蒲野型花崗閃緑岩; 風化帯が極めて厚く、問題が多い。岩盤の風化状態と海底表層部から深部にかけて

風化の degree をはっきり確認し、どの degree の風化状態であれば問題ないかを、明確にさせる必要がある。

大島瀬戸型花崗閃緑岩; 風化は三つの岩体の中で一番少ないが、この岩体特有の「サイの目」の節理が発達しており、そのために小試験片としての岩石工学的特性は良好であっても、岩盤全体としての特性は可なり異ってくると考えられる。この点の検討が必要である。三つの岩体の岩石構造的特徴; Seto型(瀬戸型花崗閃緑岩は、joint, (節理) crack (割目) が多く緻密新鮮である。小片塊状になる。風化帯は4-5m。

Obatake型(大島型花崗閃緑岩); 縞状構造を示す。風化が不均質である。方向性をもった岩石の縮命的な性格である。一方向に割れ易い。

Gamano型(蒲野型花崗閃緑岩); 風化帯はボーリングの場合スライムになり易い。風化帯が極めて厚い。mafic mineral (鉄苦土鉱物) が風化し易い。joint (節理) は少い。

1. Seto type (瀬戸型花崗閃緑岩)

海底表層部の Seto type granite (瀬戸型) の岩体の部分は支持盤としてはよいが、その下部に Gamano type granite (蒲野型花崗閃緑岩) が分布する場合は風化をうけてやられている懸念がある。この Seto type の下限と、その下部の状況は岩盤力学的数値を検封する必要がある。海底に分布する Seto type granite の岩体と同一型と認定出来る貫入岩が柳井南方の野外で、観察出来る。Seto type の岩体の岩石工学的検討を行うにはよい場所である。この Seto type granite にはボーリング採取出来る程度の小さな試料(Sample) の岩盤力学的数値は固い岩石を示すものであるが、岩盤としてみた場合、サイの目に割れる節理の発達が多くなり、岩盤全体としては脆い懸念がある。又この「サイの目」に発達する割目のために、この岩体を露出する部分が、特に侵蝕されて、現在の海底谷を形成したとも考えられるので、この岩体を支持盤として、基礎を設置した場合の流れに対する反応をチェックする必要がある。

又、耐震について検討をおこなう場合、3つの岩体の中で全般的な亀裂の発達をもつ、この岩体の挙動を検討する必要がある。3つの岩体の複合体としての海底支持岩盤を考えるとこの瀬戸型の部分はモザイク状に割目のあることから、一種の sheared zone 的動きをする懸念がある。

Obatake型(大島型花崗閃緑岩); 泥質片岩が花崗岩化作用をうけて生成した混生岩であるため、岩質が不均質である。又片麻岩構造のために、ある一定方向へ

の割目が存在する。花崗岩質の部分と珪質な部分との縞状構造が発達する。掘削に当ってはこの岩体の不均質性と一定方向への割れ目の特徴をよく理解しておくべきである。

Gamano 型（蒲野型花崗閃緑岩）；3つの岩体の中で最も風化が激しく、どの深度迄掘削すれば支持盤として問題がないか、風化花崗岩の岩盤力学的強度を検討する必要がある。

3.5.1. 岩石力学的数値に対する考え方 ポーリング・コアの試料をもとにして得られている岩石力学的数値である。したがって、これらの数値がその岩盤の岩石力学的数値をどの程度代表するものであるかを検討しなくてはならない。恐らく  $600 \text{ kg/cm}^2$  程度までの一軸圧縮強度が得られたような部分は、その附近の岩盤のうちのかかなり大きな部分を代表するものと考えて良いであろう。

新鮮と考えられるコアが得られた部分（ $800 \sim 1200 \text{ kg/cm}^2$ ）からは、コア採取率もかなり良いと考えられるから、この部分は岩盤全体が  $800 \sim 1200 \text{ kg/cm}^2$  程度の強度を示すと考えても良い。

支持力を考える場合には、これら試験片の値をそのままその部分の代表値として取扱うことは、きわめて危険である。

しかし、逆に、掘さくの問題を考える場合には、試験片強度をその部分の最大値と考えれば安全側にとることになるから良いようにも思われる。

いずれにせよ、これらの試験片の岩石力学的数値はその部分の風化状態との関連において取扱わなくてはならない。従って、風化の degree の認定は、重要な意味をもってくる。

マサの支持盤としての評価も陸上部での評価をそのまま、海中へ持ってくることには、多くの危険があると思われる。試験片で圧縮強度  $400 \text{ kg/cm}^2$  程度以下の値を示した部分はコアの周囲は、風化の状態とコアの圧縮強度との関係、さらにマサの海中における支持盤としての評価など問題点ならびに不明な点が多すぎる。

3.5.2. 掘削の問題点 海底花崗岩の掘削は、本四連絡橋においても極めて重要な問題の一つとなっている。

海底岩盤の掘削については本四架橋公団、日本道路公団、鉄道建設公団、建設省等によってビルト大口径掘削機、ヒューズ大口径掘削機及びマキナテリー（10-B-3）による掘削試験が実施されている。

岡山県倉敷市児島においては、広島型花崗岩を対象として、種々の掘削条件下の掘削状況、機械機能に関する調査がおこなわれた。この実験の掘削対象である

花崗岩の性格と掘削上の問題を大島海域の海底に分布する三つの型の花崗閃緑岩の岩石力学的数値並びに岩石力学的特徴と対比して検討する。

① ポーリング位置とピアー予定地点の関係

ポーリング位置（番号で示される）とピアー予定地点（ $P_2 \sim P_6$ ）

$P_2$ ……………ポーリング No.6

$P_3$ ……………ポーリング No.3（海上モツタイ礁）

$P_4$ ……………ポーリング No.9（水深23m、北側は—50mの海底谷に面する）

$P_5$ ……………ポーリング No.7（大島海域の北側の海底谷の南端）

$P_6$ ……………ポーリング No.8

② ポーリング試料の検討

④ No.6（ $P_2$  予定地）

1. 大島型花崗閃緑岩
2. 海底に瀬戸貝付着
3. 0～2.5mは風化G. D.（0は海底面を示し、2.5mは海底面より、深さ2.5mを示す。風化 G. D. は風化花崗岩の略である。以下同じ）
4. 2.5m～5.2mは風化 G. D.  
一軸圧縮強度： $200 \sim 600 \text{ kg/cm}^2$
5. 5.2m～15mは新鮮 G. D.  
joint（節理）、crack（割目）多し。  
ポーリング試料は、棒状コアになり難い。一軸圧縮強度は $900 \sim 1,000 \text{ kg/cm}^2$

⑤ No.3（ $P_3$  予定地点）

1. 大島型花崗閃緑岩
2. 0～8.4mは全般的に軟質である。  
（部分的に岩芯採取）
3. 9.2mより稍硬質となる。  
ポーリング・コアは砕ける。一軸圧縮強度は $15 \text{ kg/cm}^2$
4. 10.3mより破碎状岩となる。ポーリング・コアは棒状試料にならない。
5. 12.7mより岩質は良好となる。一軸圧縮強度は $50 \sim 900 \text{ kg/cm}^2$

⑥ No.9（ $P_4$  予定地点）

1. 大島型花崗閃緑岩
2. 海底は瀬戸貝付着
3. 0～4mは風化 G. D.
4. 4～12mは新鮮 G. D. ポーリング・コアは採取率は悪い。一軸圧縮強度  $300 \sim 700 \text{ kg/cm}^2$ 。5. 12m～20mは新鮮 G. D. 亀裂多く、岩芯状コア

⑦ No.7（ $P_5$  予定地点）

1. 瀬戸型花崗閃緑岩

2. 海底表層部に30cmのマサが分布する。
  3. 0.3m～6.3mは風化 G. D.
  4. 6.3m～8.3mは弱風化 G. D.
  5. 8.3m～20mは新鮮 G. D.
    - ・ Joint (節理), Crack (割目) 多し
    - ・ ボーリングコアは棒状試料になり難しい。
    - ・ コア採集率は低い
    - ・ 一軸圧縮強度; 9.5m～12.7mは600～900 kg/cm<sup>2</sup>, 12.7m～20m は 100～300 kg/cm<sup>2</sup>
    - ・ 12.7～20mは数cm以下の小塊状片になる。
- ③ No.8
1. 蒲野型花崗閃緑岩
  2. 0～5.7mは砂礫層が分布する
  3. 5.7～8.7mはマサ状 G. D., 一軸圧縮強度 280 kg/cm<sup>2</sup>
  4. 8.7～12.5mは風化G. D. 一軸圧縮強度 430～460 kg/cm<sup>2</sup>
  5. 12.5～17.0m は風化 G. D. 一軸圧縮強度, 723.1 kg/cm<sup>2</sup> (13.8～14.8m)
  6. 19.0～25.4mはマサ状風化 G. D.
  7. 25.4～41mは新鮮瀬戸型 G. D.
    - ・ ボーリングによる棒状コアは採取できない。

- ・ Joint (節理多し)
- ① 岡山県倉敷市児島鉄道建設公団実験地のボーリング
1. 広島型花崗岩
  2. 0～10mは破碎帯をなす
  3. 10～24mは風化雲母花崗岩
  4. 24～30mは新鮮花崗岩
- 一軸圧縮強度: 25.5m, 26.5mは664.8 kg/cm<sup>2</sup>, 507.7 kg/cm<sup>2</sup>。26.5m～27.5mは587.0 kg/cm<sup>2</sup>, 693.3 kg/cm<sup>2</sup>。27.5m～28.5mは855.4 kg/cm<sup>2</sup> 642.9 kg/cm<sup>2</sup>。28.5m～29.5mは802.9 kg/cm<sup>2</sup>, 688.6 kg/cm<sup>2</sup>。29.5m～30mは1098.4 kg/cm<sup>2</sup>, 749.9 kg/cm<sup>2</sup>。なお、掘削ズリの肉眼的観察から、新鮮花崗岩と風化花崗岩の量比で分類している。即ち風化花崗岩: WG, 新鮮花崗岩: FGで示すと
- ④ a) 9.28～10.78m: 強風化花崗岩
  - b) 13.05～14.90m: 風化花崗岩
  - c) 15.01～16.70m: W. G: FG=8: 2, W. G: FG=6: 4
  - d) 16.88～18.52m: W. G: FG=3: 7
  - e) 20.23～21.14m: 風化花崗岩 WG: FG=9: 1
- (未完)

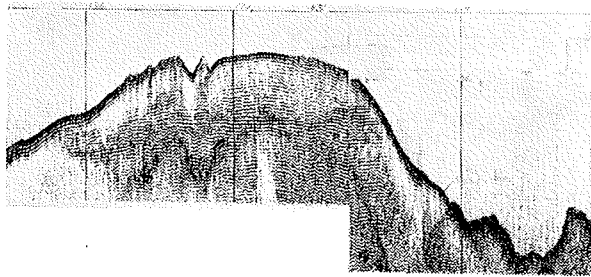


図-3 (A) 記録写真

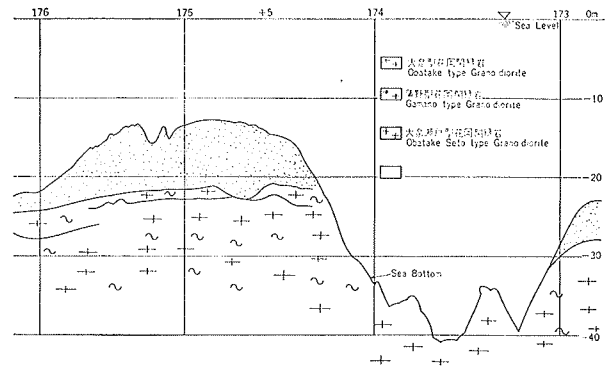


図-3 (B) 解析図