HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	9種類の岩石の密度、空隙率及び1．5Kbまでの圧力下でのP波速度
Author(s)	前田，亟；清水，信之
Citation	北海道大学地球物理学研究報告，42，275-279
Issue Date	1983-10-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.42.275
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14116
Type	departmental bulletin paper
File Information	42_p275-279.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
Vol. 42. October, 1983, p. 275－280.

9種類の岩石の密度，空隙率及び1.5 kbまでの圧力下でのP波速度

前田　亟*・清水　信之**

（昭和58年3月16日受理）

Density, porosity and P-wave velocity under pressure up to 1.5 kb for nine kinds of rocks.

By Itaru MAEDA
Research Center for Earthquake Prediction,
Faculty of Science, Hokkaido University.
Nobuyuki SHIMIZU
Department of Geophysics, Faculty of Science,
Hokkaido University

(Received March 16, 1983)

Density, porosity and velocity under pressure up to 1.5 kb are measured for nine kinds of rocks sampled in Hokkaido region. The measurement are made under dry condition at room temperature. The velocities and its variations under pressure are well explained by the Birch's law for velocity-density-mean atomic weight and by the relations derived from the crack model based on the ellipsoidal crack for velocity.

I．序　　論

岩石の弾性波速度は1～2 kb以下の圧力下では大きく変わることが知られている(BIRCH,1960)．このことは，地下5 km以浅での弾性波速度は，同じ岩質が続いていたとしても，深さによりかなり異っていることを意味する．他方，地震や地殻変動の観測では，観測点近傍の弾性定数や密度は，データを解析する上で基本的な物理量である．これ等の量を，採集された岩石の大気圧下での測定量で代表させることは，弾性波速度の圧力依存性から考えて不適当である．従って採集された岩石の速度測定は圧力下で行なわれねばならない．厳密には，含水量の調整も行う必要がある．

比較的低い圧力下での岩石の弾性波速度の変化はクラックの変形で説明されている

＊北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター
＊＊北海道大学理学部地球物理学教室

(CHENG and TOKSÖZ, 1979 ; SHIMIZU, 1983). 従って, 測定された岩石がある種の分類で同一のものとみなされる場合, 岩石毎の測定結果の違いは, クラック又は空隙の量や形状の違いとして説明される. このことはその岩石の起源や存在状態を弾性波速度の圧力依存性から議論する可能性を与えるものと考えられる.

この報告では北海道各地の地震や地殻変動の観測点又はその近傍で採集された岩石の密度, P波速度及び速度の圧力依存性の測定結果を与える. 岩質と測定値の関係を考え, 特に, 砂岩について速度の圧力依存性から各岩石の起源や経歴を考察する.

II. 測　　定

測定系については既に報告されているものとほぼ同じである (SHIMIZU and MAEDA, 1982). ここでは試料の準備と圧力下での測定の手順について述べる. 今回の測定では乾燥試料を用いた. 測定圧力範囲は最大2 kb である.

試料の準備は次の手順で行う. コアピッカーで円柱形岩石を切り抜く. 両端を切断し平行になる様に研磨する. 電気炉に入れて100℃前後で数時間乾燥させる. この時, 火成岩, 特に花崗岩では, 出来るだけ温度の上昇, 下降の速度を小さくすべきである. これは熱応力によるクラックの発生が著しく (KANEMA and MAEDA, 1978), そのクラックは弾性波速度に大きく影響するからである. 次に試料両端面に圧電素子を接着する. 更に電極, 圧電素子をエポキシ等の接着剤で滑らかに被う. これは, 圧力が高い時, 圧電素子のひび割れや, シール材の破損を防ぐためである. 試料全体に粘性の高いシリコンゴム (KE45) を均質に塗る. これが充分固まった段階で全体を粘性の低いシリコンゴム (KE45TS) に漬け, 先につけたシリコンゴムに馴んだところで引き上げ固結させる. これにより先につけたゴムのピンホールを完全に除くことができる.

圧電素子の接着が完全であれば, 試料長が数 cm から 10 cm の範囲では, 発振器の出力は 10 V 程度で充分である. これは通常信じられているよりも1ケタ低い値である.

圧力はプレスシリンダー (MAEDA, 1979) の油圧により加える. シールした試料から出ているリード線 (強度のあるものを用いる) を主ピストンのリード線コネクタに接続する. このコネクタは1ケ所で4本のリード線を通すことができるので, 圧力容器からとり出せるリード線は総数で40本である. 従って原理的には30個以上の試料を同時に測ることができる.

試料をシリンダー内に設置すれば準備は完了する. 後は油圧を上げて測定すれば良い. 油圧はシリンダーへの高圧パイプと継手で結ばれた歪式油圧ゲージによりモニターする. このゲージの油圧 — 歪換算率は 9.8 kb/ milistrain である.

今回用いた試料寸法は ϕ 25×20 mm^3 である. 岩石は北大地震予知センターの地震地殻変動観測点5点及び北大地球物理教室の臨時地震観測点近傍の4ケ所から得られたものである.

III. 結果及び議論

用いられた岩石の密度, 空隙率及び採集地が Table 1. にまとめられている. すべて堆積性の

Table 1. Physical constants of rocks used in this study

No.	Rock name	Density(g/cm³)	Porosity(%)	Collected place
1	mudstone	2.616±0.001	0.61±0.03	Kaminokuni
2	tuff breccia	2.587±0.001	16.00±0.05	Minamikayabe
3	sandstone	2.642±0.003	3.17±0.10	Imagane
4	sandstone	3.061±0.002	0.74±0.06	Takamigensekiyama (Shizunai)
5	clay slate	2.777±0.001	0.75±0.03	Koibokubashi (Shizunai)
6	sandy schist	3.039±0.003	0.76±0.08	Seiwabashi (Shizunai)
7	sandstone	2.716±0.004	10.10±0.20	Kamikineusu (Urakawa)
8	sandstone	2.698±0.001	0.64±0.02	Ponyaolomappu (Taiki)
9	sandstone	2.520±0.001	7.70±0.02	Akkeshi

岩石である．ここでは，それ等の化学或いは鉱物的分類には詳しく立ち入らない．Fig. 1から3にはそれぞれの岩石のP波速度を圧力の函数として示してある．各曲線に付してある数字はTable 1のそれと対応している．

密度，空隙率及び速度，及び速度の変化の様子について考える．上述の諸量の間の関係を，回転楕円体クラックモデルに基づいて与える．(1)同一鉱物から成る岩石では，空隙を構成する主たるクラックのアスペクト比が大きい程速度の変化は小さい．(2)他の条件が同じであればアスペクト比が小さい岩石程速度の値が小さい．(3)同様に空隙率が大きい程速度は小さい．

砂質起源の岩石の中で速度の最も大きいものは高見原石山の岩石である．これと密度及び空隙率のほぼ等しいセイワ橋の岩石との相違について考える．前者は0から1.5 kbの間に0.7 km/secの速度増加をもつが後者は1.05 km/sec増加する．これは関係(1)と(2)によって理解できる．今，密度及び空隙率がほぼ等しいから高見原石山の岩石の空隙のアスペクト比はセイワ橋のそれより大きいことが判る．この結論は後者がシスト化されていることと調和する．次に高見原石山の岩石とポンヤオロマップのそれとを比べる．後者は1 km/s遅い速度を示す．空隙率は両者で差は無いが密度に差がある．一般に平均原子量が一定ならば，密度が大きい程，速度は大きい(BIRCH, 1961；SOGA, 1971)．このBirchの法則を用いると，平均原子量が両者の岩石が同じであるならば，それは約24.8と求まる．他方，これ等の岩石は1.5 kbの範囲では速度の増加はおちついていないが，その収束値をそれぞれ6.5 km/s及び5.5 km/sと仮定すると平均原子量は22.4及び22.0と求まる．求まった値は2つの方法で多少異なるが，平均原子量が両者でほぼ同じであるという仮定が正しいことを，これは示している．従って，両者の速度の違いは，Birchの法則により密度の差によって生じているものと判断できる．

ポンヤオロマップの岩石と厚岸及び上杵臼の2つの岩石の速度の差は，密度がほぼ同じで圧力下での速度の変化もほぼ等しいから，クラックの形状によるものでなく，関係(3)により単に空隙率の差によって説明される．上杵臼の岩石の速度が厚岸のそれより小さいことは，両者の密度差によってBirchの法則から期待される速度の増加分よりも関係(3)による速度低下の方が大きいことを示している．

今まで述べた岩石の間には関係(1)～(3)及びBirchの法則が適用できることから考えて，今金の

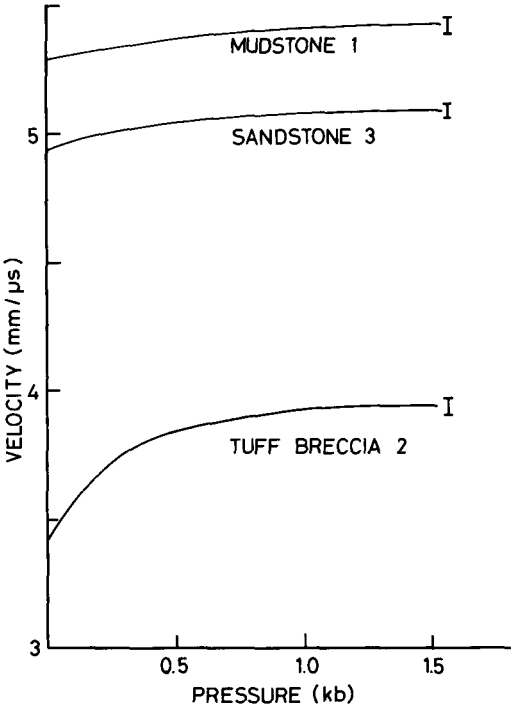

Fig. 1. Variation of P-wave velocity under pressure for rocks sampled at Kaminokuni(1), Minamikayabe(2) and Imagane (3).

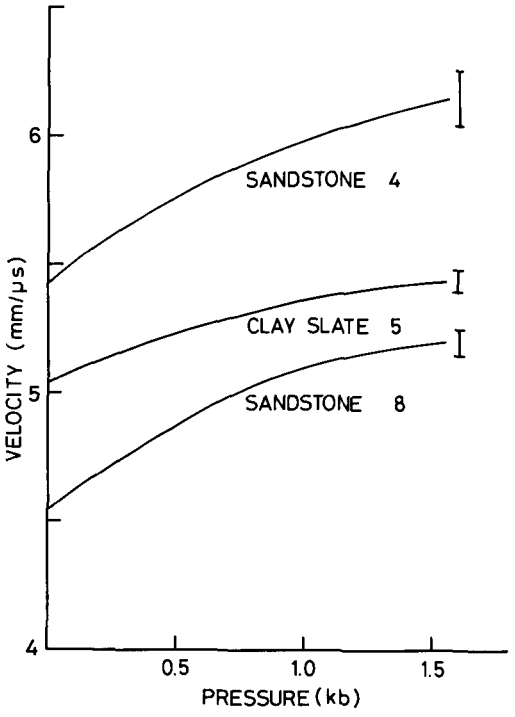

Fig. 2. Variation of P-wave velocity under pressure for rocks sampled at Takamigensekiyama (4), Koibokubashi (5) and Ponyaolomappu (8).

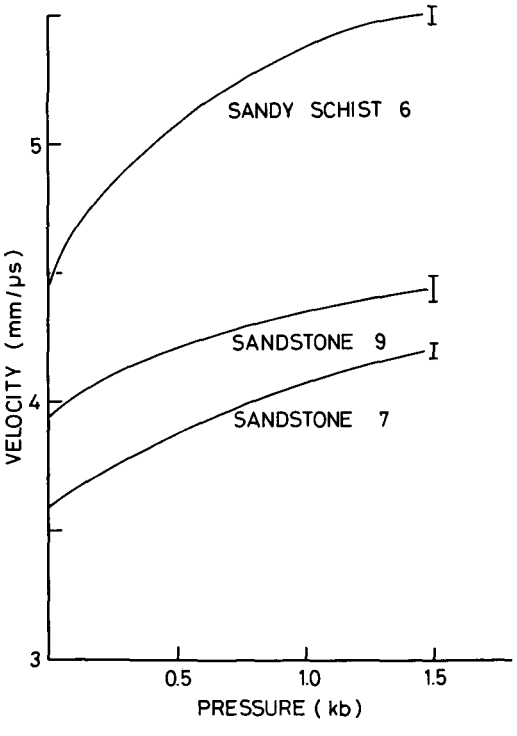

Fig. 3. Variation of P-wave Velocity under pressure for rocks sampled at Seiwabashi (6), Kamikineusu (7) and Akkeshi (9).

岩石は一応砂岩として分類されてはいるが実は泥質岩と考えるべきである．これは上ノ国の泥質岩とほぼ同じ速度の変化を示すことから裏付けられる．今金と上ノ国の岩石は密度はほぼ同じであるが，前者の方が高い空隙率をもつので関係(3)によって低い速度をもつことになる．更に圧力下での速度の変化が極めて小さいことは、関係(1)によって，これ等の岩石はかなり大きいアスペクト比のクラックを有するものと考えることができる．

南茅部の岩石は極めて大きい空隙率をもつことによって速度が小さいものと考えられる．また0.5 kb迄にその変化がほぼ完了していることは，関係(1)によってクラックのアスペクト比が小さいことを示している．更にこの岩石のクラックがない時の速度が小さいことは，構成物質そのものの弾性定数が他の岩石に比して小さいことを意味している．

謝辞　この研究に用いられた実験装置の建設にあたって前地震予知観測地域センター長，田治米鏡二教授及び岡田　広教授に多大の御骨折をいただいた．厚く御礼申し上げます．

岩石試料を提供いただいた地球物理学教室森谷武男博士及び当センター笠原　稔博士に感謝します．さらに，岩種を鑑定していただいた地質鉱物学教室大沼晃助博士に感謝いたします．

文　献

BIRCH, F., 1960. The velocity of compressional waves in rocks to 10 kilobars, 1., *J. Geophys. Res.*, **65**,1083−1102.

BIRCH, F., 1961. The velocity of compressional waves in rocks to 10 kilobars, 2., *J. Geophys. Res.*, **66**,2199−2224.

CHENG, C. H. and M. N. TOKSÖZ, 1979, Inversion of seismic velocities for the pore aspect ratio spectrum of a rock., *J. Geophys. Res.*, **84**,7533−7543.

兼間　強・前田　亟，1978. 加熱による花崗岩の微小破壊音とその発生機構，地震，**31**，391−400

前田　亟，1979. 大形岩石破壊装置について，北海道大学地球物理学研究報告，**38**，55−61.

SHIMIZU, N., 1983, The effect of cracks on compressional wave velocity and its anisotropy in calcareous rocks, Ph. D. Thesis, Hokkaido Uni., 122pp.

SHIMIZU, N. and I. MAEDA, 1982, The effect of velocity anisotropy on AE source locations in a very large granite sample., *J. Fac. Sci., Hokkaido Uni., Ser* VII*(Geophys.)*, **7**,135−144.

SOGA, N., 1971, Sound velocity of some Germanate compounds and its relation to the law of corresponding states., *J. Geophys. Res.*, **76**, 3983−3989.