

3. 1. 2. 2 関東下の構成岩石モデルの構築

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

関東下で予想される岩石の高温・高圧下での弾性波速度を測定し、構成岩石モデルを構築する。

(b) 平成25年度業務目的

海洋地殻に由来する岩石の弾性波速度測定実験を行なう。岩石の弾性波速度に関するデータを整理・収集するとともに既存の地震波トモグラフィーの結果に基づき、首都圏東部に沈み込むフィリピン海スラブの地殻構成岩石に関する初期モデルを作成する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	石川正弘	

(2) 平成25年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 海洋地殻に由来する岩石を対象として弾性波速度測定実験を行ない、岩石の弾性波速度に関するデータを整理・収集した。
- 2) 既存の地震波トモグラフィーの結果に基づき、首都圏東部に沈み込むフィリピン海スラブの地殻構成岩石に関する初期モデルを検討した。

(b) 業務の成果

1) 岩石の弾性波速度測定実験

関東地域下では、フィリピン海プレートが陸側プレートの下に沈み込む一方、首都圏西部では衝突付加するという複雑なテクトニクスを起こしている。つまり、伊豆小笠原弧の一部が陸側プレートに衝突付加する一方で、伊豆小笠原弧のほとんどはフィリピン海スラブとして沈み込んでいる (Sato *et al.*, 2005¹⁾)。フィリピン海スラブ上面は関東地震震源断層に相当する可能性が高く、首都圏下におけるフィリピン海プレートと陸側プレートの接合部の地殻の構造と構成岩石を推測することは、関東地方下における地殻物性モデルに粘性等の拘束条件を与える上で重要であり、首都直下地震を考察する上でも必要不可欠である。そこで、首都圏の地殻構成モデルを得るために、海洋地殻に由来する岩石（変成玄武岩）を対象として弾性波速度測定実験を実施した。なお、化学分析・実験に際しては、横浜国立大学石川研究室所属の市来孝志氏、木村隆広氏の協力を得た。

a) 実験手法

弾性波速度測定には横浜国立大学設置のピストンシリンダー高圧発生装置を用いた（図1、P.88）。本装置は高圧実験としては比較的大容量の試料（直径14～6mm、長さ12～6mmのコア試料）を測定対象として最大圧力1.0GPa下で弾性波速度測定を測定可能である。圧

力媒体としてタルクとパイロフィライトを使用した。伊豆小笠原弧中部地殻由来とされる丹沢深成岩類の岩石試料の弾性波速度測定実験は先行研究 (Kitamura *et al.*, 2003²⁾) や本プロジェクト平成 24 年度研究が行われているが、伊豆小笠原弧上部地殻起源の変成岩類の測定結果はない。そこで本業務では、丹沢層群の変成岩の弾性波速度を室内実験で測定した。弾性波発生用の圧電素子にはニオブ酸リチウムを用いた。

また、本業務では V_p/V_s 比を精度良く測定するように高圧発生部（高圧セルシステム）の設計を改良し（図 1、P.88）、パルス透過法および反射法を併用して岩石試料中の弾性波の伝播時間を決定し、弾性波速度を求めた。パルス透過法では、まず、任意波形発生装置から特定周波数の正弦バースト波（P 波速度測定時に 7MHz、S 波速度測定時に 4MHz、3 周期、電圧幅 $3V_{p-p}$ ）をニオブ酸リチウム素子に電気信号として入力する。次に、電気信号はニオブ酸リチウム素子により機械信号（弾性波）に変換され、高圧セルシステム内を金属ロッド、岩石試料、金属ロッドの順に透過し、もう一方のニオブ酸リチウム素子で機械信号（弾性波）は電気信号に変換される。波形記録はデジタルオシロスコープにサンプリングレート毎秒 1 ギガサンプルもしくは毎秒 2 ギガサンプルでデジタルで記録される。パルス反射法では、まず、任意波形発生装置から特定周波数の正弦バースト波をニオブ酸リチウム素子に電気信号として入力する。次に、電気信号はニオブ酸リチウム素子により機械信号（弾性波）に変換され、高圧セルシステム内の金属ロッドを伝搬し、音響インピーダンスコントラストが大きい岩石試料との境界で反射し、ニオブ酸リチウム素子で機械信号（弾性波）は電気信号に変換される。もう一方の金属ロッドについても同様にロッドの反射波を測定する。波形はデジタルオシロスコープで 1,024 回のアベレーシングを施されたものである。金属ロッド-岩石-金属ロッドを伝搬した透過波の伝搬時間と各金属ロッドの反射波の往復走時を用いて岩石試料の弾性波（P 波及び S 波）伝搬時間を決定する。今回用いた手法ではパルス強度が微弱な場合でも測定ができる点が利点である。

b) 実験結果

i) 緑色岩

神奈川県西部丹沢山地には中央にトーナル岩を主とする深成岩体が、周囲に主に中新統火山岩・火山碎屑岩から構成される丹沢層群が分布している。丹沢層群には海底火山活動の特徴である枕状溶岩やハイアロクラスタイトがしばしば観察され、もともとは海洋性島弧である伊豆小笠原弧の上部地殻を構成していたものが伊豆弧の衝突付加によって本州陸側に露出したと考えられている。伊豆衝突帯では伊豆小笠原弧の上部地殻は中部地殻とともに本州側に衝突付加するのに対して、相模湾では伊豆小笠原弧の上部地殻から下部地殻がフィリピン海スラブとして本州下に沈み込んでいる。

丹沢層群の一部は変成作用を被っており、プレーナイトーパンペリー石相、緑色片岩相、角閃岩相にいたる変成岩として産出している。沈み込みプロセスに伴う累進変成作用を記録した変成岩類も報告されている（桑谷, 2003³⁾; 鳥海・桑谷, 2004⁴⁾）。それらの岩石の弾性波速度データは伊豆小笠原弧前弧が沈み込む神奈川県東部～東京～千葉直下の地殻マントル構成岩石を推測する上で貴重な情報を与えると期待される。今回、丹沢層群から採取した変成玄武岩の一種である緑色岩を実験試料として用いた。主要構成鉱物は緑泥石・緑簾石・アクチノ閃石・斜長石・石英・磁鉄鉱である。

実験時の温度は室温 25℃で、大気圧条件下から 0.25 キロバール (kb) 間隔で昇圧し最大 6 kb まで測定した。パルス透過法および反射法を併用した新手法により求められた P 波速度、S 波速度、ならびに V_p/V_s 比をそれぞれ図に示した (図 2~4、P.88~89)。1.50kb から 6.00kb の昇圧に伴い P 波速度は 5.84 km/s から 6.74km/s、1.75kb から 6.00kb の圧力で S 波速度は 3.63 から 3.92km/s で上昇した。P 波速度および S 波速度とも 2.75kb までは急激な速度の上昇を示し、その後は非常に緩やかな一定上昇に転じた。圧力 3.00kb~6.00kb の範囲において P 波速度の圧力微分係数は $7.24 \times 10^{-2} \text{ km s}^{-1} \text{ kb}^{-1}$ 、S 波速度の圧力微分係数は $4.35 \times 10^{-2} \text{ km s}^{-1} \text{ kb}^{-1}$ であった。圧力 3.00kb~6.00kb の範囲において V_p/V_s 比は 1.72~1.74 の範囲内ではほぼ一定であった。

ii) 熱水変質岩

丹沢層群には海底火山活動の特徴である枕状溶岩やハイアロクラスタイトがしばしば観察され、もともとは海洋性島弧である伊豆小笠原弧の上部地殻を構成していたものが伊豆弧の衝突付加によって本州陸側に露出したと考えられている。丹沢層群の一部は熱水変質作用を被っており、熱水変質岩は主に細粒な緑簾石、斜長石、角閃石、緑泥石、石英から構成されている。緑簾石と石英を多数含む熱水変質岩はエピドーサイトと呼ばれ、海洋性島弧前弧で報告されている (例えば Richardson *et al.*, 1987⁵⁾; Banerjee *et al.*, 2000⁶⁾)。熱水変質岩の弾性波速度データは伊豆小笠原弧前弧が沈み込む神奈川東部~東京~千葉直下の地殻構成岩石を推測する上で貴重な情報を与えると期待される。今回、丹沢層群から採取した変成玄武岩の一種である緑色岩を実験試料として用いた。主要構成鉱物は緑泥石・緑簾石・アクチノ閃石・斜長石・石英・磁鉄鉱である。

実験時の温度は室温 25℃で、4kb から 7kb までの範囲で測定した。P 波速度、S 波速度、ならびに V_p/V_s 比の測定結果をそれぞれ図に示した (図 2~4、P.88~89)。2.25kb から 7.00kb の昇圧に伴い P 波速度は 6.82 km/s から 7.16km/s、2.75kb から 7.00kb の圧力で S 波速度は 3.78 から 3.99km/s で上昇した。P 波速度および S 波速度とも 4.50kb までは急激な速度の上昇を示し、その後は非常に緩やかな一定上昇に転じた。圧力 5.00kb~7.00kb の範囲において P 波速度の圧力微分係数は $5.38 \times 10^{-2} \text{ km s}^{-1} \text{ kb}^{-1}$ 、S 波速度の圧力微分係数は $2.79 \times 10^{-2} \text{ km s}^{-1} \text{ kb}^{-1}$ であった。圧力 5.00kb~7.00kb の範囲において V_p/V_s 比は 1.79~1.80 の範囲内ではほぼ一定であった。

2) 変成玄武岩の弾性波速度

Christensen (1970)⁷⁾ではアメリカ合衆国バージニア州に産する変成玄武岩、エピドーサイトについて、P 波速度測定を室温下 0.1kbar、0.4kbar、0.7kbar、1.0kbar、2.0kbar、4.0kbar、6.0kbar の圧力で行っている。Christensen (1970)⁷⁾の実験試料のエピドーサイトは主要構成鉱物が緑簾石、石英、斜長石、アクチノ閃石であり、変成玄武岩は主要構成鉱物が斜長石、緑簾石、緑泥石、アクチノ閃石、磁鉄鉱である。エピドーサイトおよび変成玄武岩ともに本研究で用いた丹沢層群の実験試料の緑色岩および熱水変質岩と構成鉱物が類似しており (表 1、P.89)、それぞれの弾性波速度を比較した (図 5、P.89)。アメリカ合衆国バージニア州産のエピドーサイトと丹沢層群産の熱水変質岩の P 波速度を比較すると、どの圧力においても丹沢層群産の熱水変質岩の P 波速度が低い。例えば圧力 6.00kb ではアメリカ合衆

国バージニア州産のエピドーサイトの P 波速度が 7.23km/s であるのに対し、丹沢層群産の熱水変質岩の P 波速度は 7.10km/s である。丹沢層群産の熱水変質岩の密度は 3.00g/cm³ であるのに対し、アメリカ合衆国バージニア州産のエピドーサイトの密度は 3.17g/cm³ である。先行研究により、岩石の P 波速度は密度と強い正の相関があることが知られており (Sobolev and Babeyko, 1994⁸⁾)、これら岩石間の P 波速度の違いは構成鉱物比の違いを反映した密度の違いによるものと考えられる。アメリカ合衆国バージニア州産の変成玄武岩と丹沢層群産の緑色岩の P 波速度を比較すると、低圧部では異なる値を示すが高圧部では非常に近い値を示す。6.0kbar ではアメリカ合衆国バージニア州産の変成玄武岩の P 波速度は 6.75km/s であるのに対し、丹沢層群産の緑色岩の P 波速度は 6.73km/s である。丹沢層群産の緑色岩およびアメリカ合衆国バージニア州産の変成玄武岩の密度はそれぞれ 2.95g/cm³ と 2.92g/cm³ であり、ほぼ同じである。

丹沢層群産の熱水変質岩と緑色岩の P 波速度と S 波速度を Hacker and Abers(2004)⁹⁾ のエクセルマクロを用いて計算し、実験測定値と比較を行った (図 2、3、P.88)。本研究に用いた岩石は何れも微細粒な鉱物から構成されており、偏光顕微鏡下でのポイントカウンティング法による構成鉱物のモード (面積比) 測定が困難である。そのため本研究では蛍光 X 線による全岩化学組成と電子線プローブマイクロアナライザーによる鉱物化学組成から構成鉱物のモードを化学量論的に産出した。熱水変質岩の P 波速度は、25℃・7.00kb の実験測定値が 7.16km/s であるのに対し、計算値が 7.51km/s と非常に大きい。S 波速度は実験測定値が 3.99km/s であるのに対し計算値が 4.00km/s とほぼ一致している。緑色岩 P 波速度は、25℃・6.00kb の実験測定値が 6.74km/s であるのに対し、計算値が 6.88km/s と大きい。S 波速度は実験測定値が 3.92km/s であるのに対し計算値が 3.90km/s とほぼ一致した。密度に着目すると、熱水変質岩の計算密度は 3.33g/cm³ であり、実測値の 3.00g/cm³ とは大きく異なる。緑色岩の計算値は 3.04g/cm³ であり、こちらも実測値 2.95g/cm³ と異なる。化学量論的に算出された構成鉱物量比を用いたにも関わらず、実際の岩石密度と異なる密度計算値が算出されたことから、本研究において算出された構成鉱物量比が正確なものではない可能性が示唆され、細粒な岩石の弾性波速度を Hacker and Abers (2004)⁹⁾ のエクセルマクロを用いて見積もることは難しいことが分かる。

Fujimoto *et al.* (2010)¹⁰⁾ では、横浜国立大学設置のピストンシリンダー高圧発生装置を用いて、熊本県に分布する黒瀬川帯の蛇紋岩メランジェ中に産する高圧低温型変成玄武岩 (ローソン石青色片岩)、徳島県に分布する三波川帯に産する高圧中温型変成玄武岩 (緑簾石青色片岩) について、P 波速度測定を最大圧力 10.0kb、最高温度 400℃で行っている。Fujimoto *et al.* (2010)¹⁰⁾ の実験試料のローソン石青色片岩は、主要構成鉱物がローソン石、角閃石、緑泥石、石英、楔石、単斜輝石であり、緑簾石青色片岩は主要構成鉱物が緑簾石、角閃石、緑泥石、石英、楔石である。すべての青色片岩は片理と鉱物線構造が発達しており、直交する 3 方向で測定が行われた。図 5 (P.89) には 3 方向の平均 P 波速度を示した。2.0kb から 10.0kb の昇圧に伴いローソン石青色片岩 2 試料の P 波速度は 6.87 km/s から 7.37km/s と 7.00 km/s から 7.29km/s、緑簾石青色片岩の P 波速度は 6.94 から 7.58km/s へ上昇した。3 試料とも 4.0kb までは急激な速度の上昇を示し、その後は非常に緩やかな一定上昇を示した。ローソン石青色片岩と緑簾石青色片岩の P 波速度を比較すると、3.0kb 以上の圧力において緑簾石青色片岩の P 波速度が約 0.3km/s 高速である。ローソン石青色片岩 2 試料の

密度はそれぞれ 3.06g/cm^3 と 3.09g/cm^3 であるのに対し、緑簾石青色片岩の密度は 3.17g/cm^3 である。Sobolev and Babeyko(1994)⁸⁾で示されたように岩石の P 波速度は密度と正の相関があると考えられていることと整合的である。これらの青色片岩は丹沢層群の緑色岩（緑色片岩相）と構成鉱物が明瞭に異なっており、弾性波速度を比較した（図 5、P.89）。高压低温型のローソン石青色片岩と中圧型の丹沢層群産の緑色岩の P 波速度を比較すると、3.0kb 以上の圧力においてローソン石青色片岩の P 波速度が約 0.3km/s 高速である。

3) フィリピン海スラブの地殻構成岩石に関する初期モデル

フィリピン海プレートは本州の下に沈み込む。フィリピン海プレートの東縁では海洋性島弧（伊豆小笠原マリアナ弧）が存在するために、関東直下では伊豆小笠原弧の火山フロントから前弧域がフィリピン海スラブとして沈み込んでいる。その為に関東下に沈み込むフィリピン海スラブの温度は火山フロント側では比較的高温であり、前弧域に向かって相対的に冷たいと予想される。しかし、現段階では関東下の温度構造モデルを制約することはできない。つまり、相対的に高温なスラブは中圧型の緑色片岩相の変成条件を経て沈み込む可能性がある一方で、相対的に低温なスラブでは高压中温型の緑簾石青色片岩やより低温側では高压低温型のローソン石青色片岩として沈み込む可能性がある。首都圏地震観測網（MeSO-net）による地震波速度トモグラフィー（Nakagawa *et al.*, 2010¹¹⁾）に基づくと、東京湾直下のフィリピン海スラブ（伊豆弧前弧地殻）は段階的に P 波速度が上昇している。これらの P 波速度の上昇は沈み込んだ伊豆弧前弧地殻を構成する玄武岩質岩石の変成作用に伴う相転移に対応すると予想される。深さ 40km における速度上昇では、P 波速度は周囲のマントルに近い速度まで上昇しており、沈み込んだ伊豆弧前弧地殻がエクロジャイトに相転移したと推測される。沈み込んだ伊豆弧前弧地殻の構成岩石を推測するために、岩石の全岩化学組成を用いて Theriak-Domino ソフトウェアで高温高压における相図を計算した。図 6（P.90）は Taylor *et al.* (1992)¹²⁾の伊豆弧前弧玄武岩の伊豆弧前弧玄武岩組成の結果であり、図 7（P.90）は丹沢はんれい岩の化学組成を用いた計算結果である。上記の深さ約 40 km でエクロジャイトに相転移する条件を考えると、やや暖かいスラブの沈み込みによってフィリピン海スラブの速度を説明することが出来るかも知れない。なお、本計算結果を得るには約 24 時間を要しており、異なる全岩化学組成、異なる H₂O 量で、より広範囲の温度圧力条件での計算には相当な時間を要しているが、フィリピン海スラブの地殻構成岩石モデルを検討するために平成 26 年度も引き続き行なう予定である。

(c) 結論ならびに今後の課題

フィリピン海プレート東縁（伊豆小笠原弧）に由来する岩石（緑色岩（緑色片岩相）・熱水変質岩）の弾性波速度測定実験を行い P 波速度、S 波速度、Vp/Vs に関する基礎データを得た。また、先行研究で行われてきた海洋地殻由来の変成岩（高压低温型のローソン石青色片岩、高压中温型の緑簾石青色片岩）の弾性波速度に関するデータと P 波速度の比較を行った。中圧型の緑色片岩相の緑色岩、高压低温型のローソン石青色片岩、高压中温型の緑簾石青色片岩の順に 6km/s 後半から 7km/s 前半まで P 波速度は上昇しており、スラブの温度構造に違いがあれば P 速度構造として見える可能性があることがわかった。首都圏下のスラブ温度構造は現時点では不明であるが、スラブの速度構造から温度構造を推測

して行くことが今後の課題として考えられる。

また、今年度は首都圏地震観測網（MeSO-net）による地震波速度トモグラフィー（Nakagawa *et al.*, 2010¹¹⁾）と岩石の弾性波速度に基づき地殻構成岩石モデルを検討した。今後も、首都圏地震観測網（MeSO-net）による地震波速度トモグラフィー（Nakagawa *et al.*, 2010¹¹⁾）と岩石の鉱物組み合わせの相平衡計算、岩石の弾性波速度に基づき、首都圏直下のフィリピン海スラブの構成岩石を推測し、沈み込みに伴う海洋地殻の相転移とスラブ温度構造についてさらに妥当なモデルを検討する必要がある。

今年度、提唱した首都圏東部の地殻構成岩石モデルは昨年度提唱した首都圏西部の地殻構成岩石モデルと併せて、関東地域の地殻物性を定量的に見積もる際には、欠かせない初期モデルである。今後、これらの地殻構成岩石モデルを活用した調査が重要な課題である。また、首都圏周辺域における上盤側プレートの地殻構成岩石については、岩石の弾性波速度に関する基礎データも収集されておらず、今後、早急にデータを収集する必要がある。

(d) 引用文献

- 1) Sato, H., Hirata, N., Koketsu, K., Okaya, D., Abe, S., Kobayashi, R., Matsubara, M., Iwasaki, T., Ito, T., Ikawa, T., Kawanaka, T., Kasahara, K. and Harder, S.: Earthquake Source Fault Beneath Tokyo, *Science*, 309, pp. 462-464, 2005.
- 2) Kitamura, K., Ishikawa, M. and Arima, M.: Petrological model of the northern Izu-Bonin-Mariana arc crust: constraints from high-pressure measurements of elastic wave velocities of the Tanzawa plutonic rocks, central Japan, *Tectonophysics*, 371, pp. 213-221, 2003.
- 3) 桑谷立: 丹沢変成岩中の角閃石の組成累帯構造, 日本地質学会学術大会講演要旨 110, p. 292, 2003.
- 4) 鳥海光弘, 桑谷立: 丹沢山地の変成作用と地殻の沈み込みダイナミックス, 月刊地球 26(10), pp. 725-731, 2004.
- 5) Richardson, C. J., Cann, J. R., Richards, H. G. and Cowan, J. G.: Metal-depleted root zones of the Troodos ore-forming hydrothermal systems, Cyprus: *Earth Planet. Sci. Lett.*, 84, pp. 243-253, 1987.
- 6) Banerjee, N. R., Gillis, K. M. and Muehlenbachs, K.: Discovery of epidiosites in a modern oceanic setting, the Tonga forearc, *Geology*, 28, pp. 151-154, 2000.
- 7) Christensen N. I.: Possible greenschist facies metamorphism of the oceanic crust, *Geological Society America Bull.*, 81, pp. 905-908, 1970.
- 8) Sobolev S. and Babeyko A. Y.: Modeling of mineralogical compositions, density and elastic wave velocities in anhydrous magmatic rocks, *Surveys in Geophysics*, 15, pp. 515-544, 1994.
- 9) Hacker, B.R. and Abers, G.A.: Subduction Factory 3. An Excel worksheet and macro for calculating the densities, seismic wave speeds, and H₂O contents of minerals and rocks at pressure and temperature, *Geochem. Geophys. Geodyn. (G3)*, 5, Q01005, doi:10.1029/2003GC000614, 2004.
- 10) Fujimoto, Y., Kono, Y., Hirajima, T., Kanagawa, K., Ishikawa, M. and Arima, M.: P-wave velocity and anisotropy of lawsonite and epidote blueschists: Constraints on water

transportation along subducting oceanic crust, Phys. Earth Planet. Inter., 183, pp. 219–228, 2010.

- 11) Nakagawa, S., Kato, A., Sakai, S., Nanjo, K., Panayotopoulos, Y., Kurashimo, E., Obara, K., Kasahara, K., Aketagawa, T., Kimura, H. and Hirata, N.: Heterogeneous Structure and Seismicity beneath the Tokyo Metropolitan Area, AGU Fall Meeting Abstracts, 2010.
- 12) Taylor, R. N., Lapierre, H., Vidal, P., Nesbitt, R. W. and Croudace, I. W.: Igneous Geochemistry and Petrogenesis of the Izu-Bonin Forearc Basin, Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 126, pp. 405-430, 1992.
- 13) Kawate, S. and Arima, M.: Tanzawa plutonic complex, central Japan: Exposed felsic middle crust of Izu arc, The Island Arc, 7, pp. 342-358, 1998.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所 （学会等名）	発表時期	国際・国内の別
首都圏の地殻構造の岩石学的イメージングに向けて（口頭）	石川正弘・中川茂樹・酒井慎一・平田直・佐藤比呂志・笠原敬司	日本地質学会関東支部 （横浜市）	平成25年11月23日	国内
伊豆小笠原弧北部の地殻構成（ポスター）	石川正弘・芥川靖之・勝根郷・堤大輔	日本地質学会 （仙台市）	平成25年9月14日	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

マスコミ等における報道・掲載

なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成２６年度業務計画案

関東周辺の地殻を構成する岩石を対象として弾性波速度測定実験を行なう。島弧起源岩石の弾性波速度に関するデータを整理・収集する。既存の地震波トモグラフィーの結果に基づき、首都圏周辺域南部の地殻構成岩石に関する初期モデルを得る。

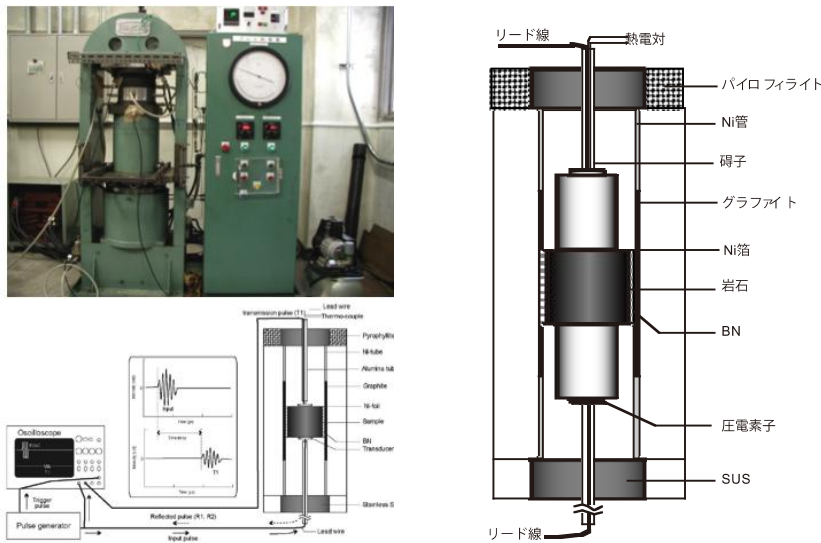


図 1 弾性波測定装置。ピストンシリンダー型高圧発生装置（左上）と従来の高圧セルシステムの一部（左下）。今回設計した高圧セルシステム。

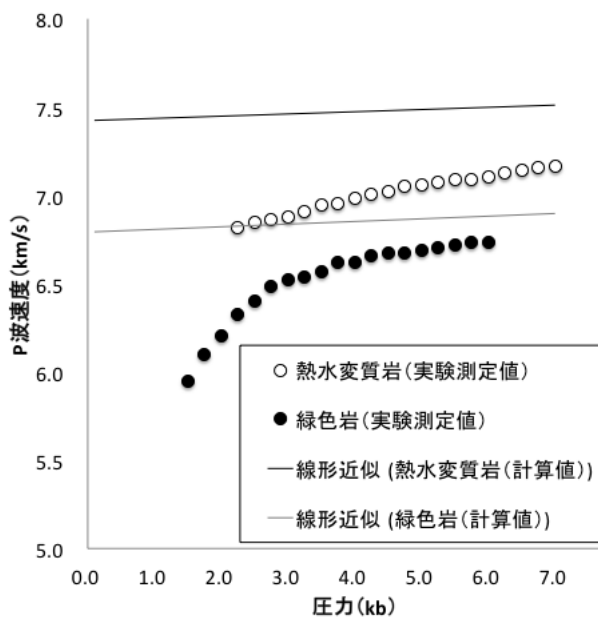


図 2 P 波速度測定実験結果（室温）。計算値との比較。

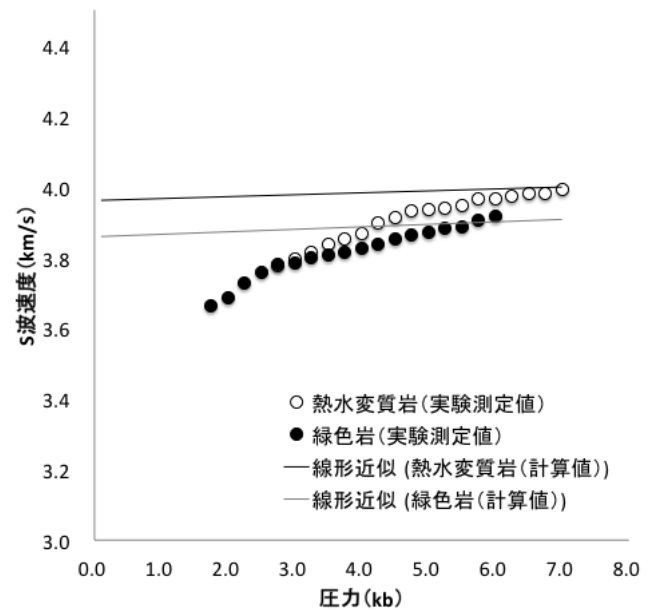


図 3 S 波速度測定実験結果（室温）。計算値との比較。

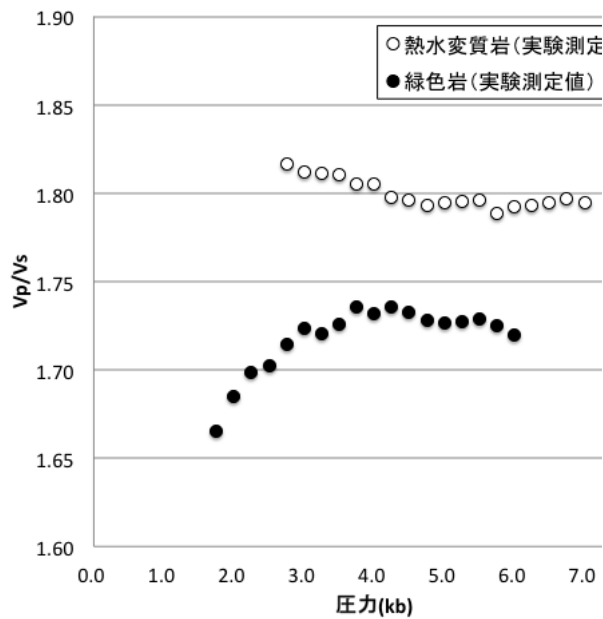


図 4 Vp/Vs 測定実験結果。

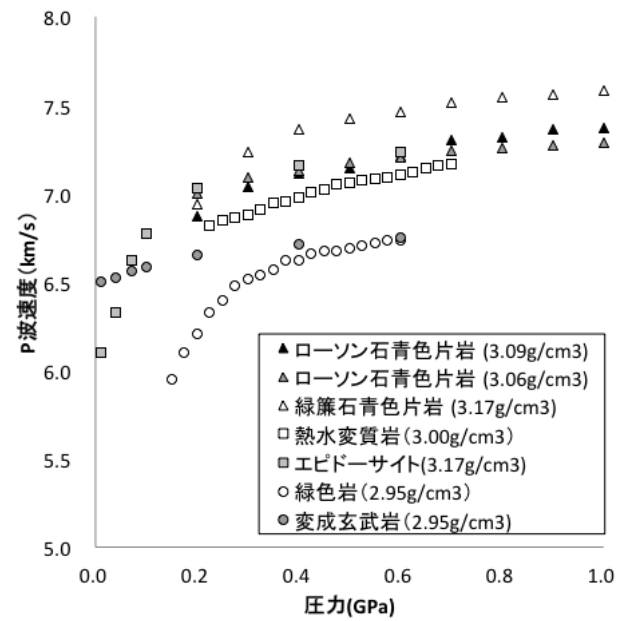


図 5 変成玄武岩の P 波速度。高压低温型（ローソン石青色片岩）、高压中温型（緑簾石青色片岩）は Fujimoto *et al.* (2010)¹⁰⁾より引用。中圧型（緑色岩）と熱水変質岩は本研究における実測値。

	エビドーサイト Christensen(1970)	熱水変質岩 本研究	変成玄武岩 Christensen(1970)	緑色岩 本研究
SiO ₂	54.15%	47.47%	52.19%	54.61%
Al ₂ O ₃	13.85%	15.99%	14.88%	16.10%
FeO	13.36%	11.79%	14.47%	11.63%
MgO	2.27%	4.15%	7.13%	7.03%
CaO	16.24%	19.01%	7.87%	7.81%
Na ₂ O ₃	0.14%	1.59%	3.45%	2.82%
Total	100.01%	100.00%	99.99%	100.00%
密度	3.17g/cm ³	3.00g/cm ³	2.92g/cm ³	2.95g/cm ³

表 1 Christensen(1970)⁷⁾と本研究における全岩化学組成と密度の比較。

伊豆弧前弧玄武岩組成相図

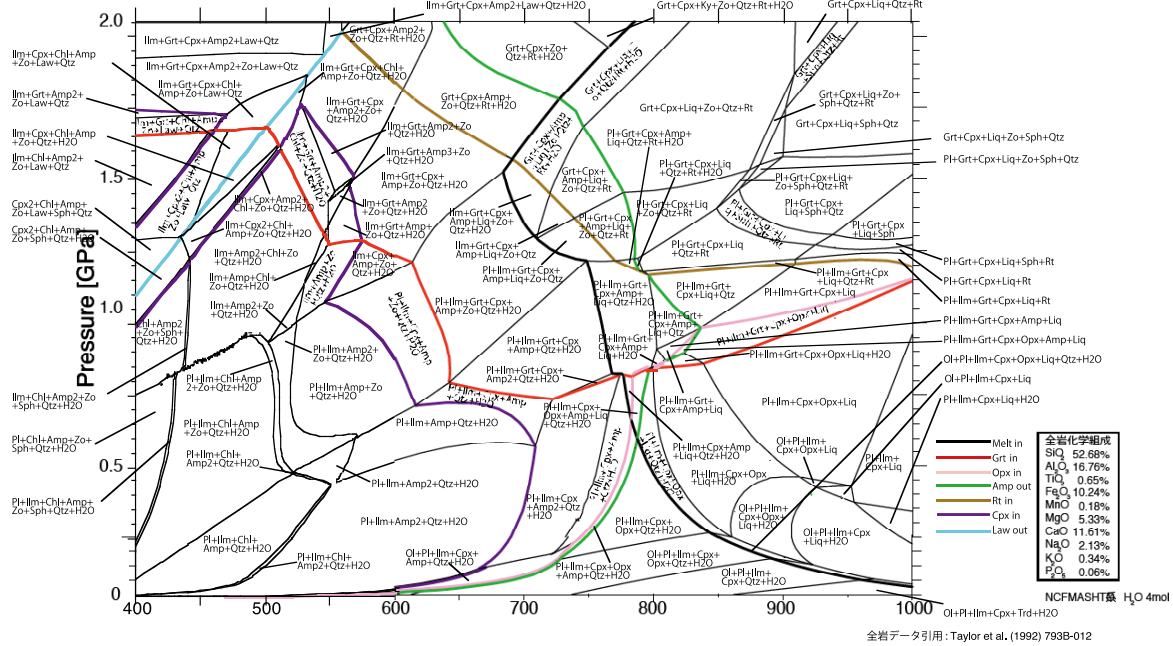


図6 伊豆弧前弧玄武岩組成の高温高压における相図。Taylor *et al.* (1992)¹²⁾の伊豆弧前弧玄武岩の化学組成を用いて鉱物組み合わせを Theriak-Domino ソフトウェアを用いて計算した結果の一例。

丹沢山地産のはんれい岩

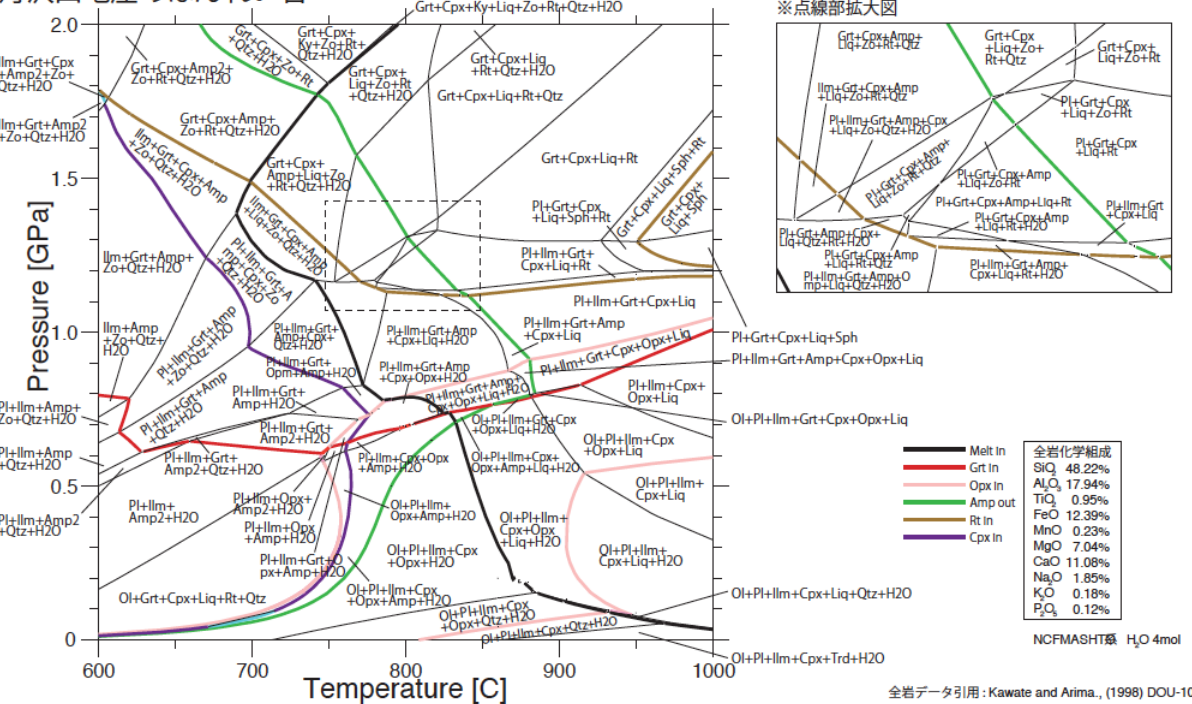


図7 丹沢はんれい岩組成の高温高压における相図。Kawate and Arima (1998)¹³⁾の伊豆弧前弧玄武岩の化学組成を用いて鉱物組み合わせを Theriak-Domino ソフトウェアを用いて計算した結果の一例。