

令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学プログラム

専門科目

令和2年8月27日9:00~12:00

注 意 事 項

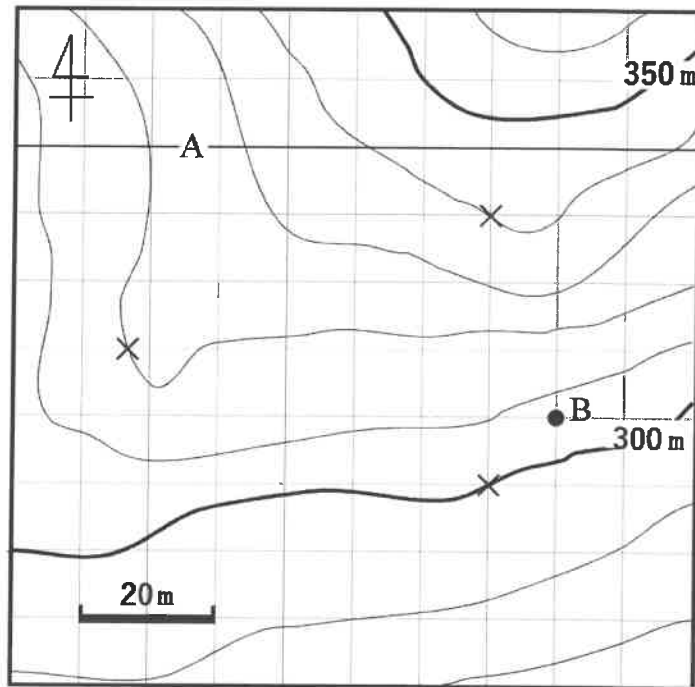
- 以下の用紙が配布されている。  
問題用紙（表紙を含む10枚）  
解答用紙 6枚（内1枚は問題[1]用）
- 問題は全部で[1]~[6]の6問ある。この中から4問を選んで解答せよ。ただし、[1]と[2]から1問、[3]と[4]から1問、[5]と[6]から1問を必ず選び、残りの1問は未選択の問題から選ぶこと。
- 解答は問題ごとに必ず1枚ずつ別々の解答用紙を用い、それぞれの解答用紙に受験番号および問題番号を記入し解答せよ。ただし、問題[1]を選択した場合は、問題[1]用の解答用紙に解答すること。紙面が不足した場合は裏面を使用してよい。
- 試験終了時には解答用紙を提出すること。

**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

[1] 以下の問1と問2に答えよ。

**問1** 図は正方形のマス目が書かれた地形図である。マス目2つが20 mに対応する。整合的に重なる砂岩層と泥岩層の境界が3地点（×印）で確認できた。直線Aは断層を示し、断層の北側の地層が下方に10 m変位している。この変位は横ずれ成分をもたない。以下の問（1）～（4）に答えよ。



- (1) 層理面が平面であるとして、解答用紙に、砂岩層と泥岩層の境界を作図せよ。
- (2) この境界の傾斜の方向と傾斜角度を答えよ。
- (3) B地点では砂岩層が露出していた。砂岩層と泥岩層のどちらが、上位に位置するかを答えよ。
- (4) 等高線310 m上で、地表から鉛直方向に5 m掘ると砂岩層と泥岩層の境界が現れる場所はどこかを答えよ。解答用紙の(1)に示すこと。

**問2** 岩石の変形に関する以下の問（1）～（5）に答えよ。

- (1) 拡散クリープを進行させるために必要な鉱物中の欠陥の名前を答えよ。
- (2) 鉱物中に発達する面状の欠陥で、相転移にも影響を与える欠陥の名前を答えよ。
- (3) 岩石が塑性変形する際のメカニズムで、体積変化をともしないものを答えよ。
- (4) 転位クリープが進行している時には、転位に起因した歪エネルギーが鉱物中に蓄えられる。この歪エネルギーを最小にするために、転位クリープ中にはどのような現象が生じるかを2つ答えよ。
- (5) 岩石が転位クリープによって定常状態にある。その後、温度は一定で、差応力が大きくなった。その時の「歪速度」、「構成鉱物の粒径」、「転位密度」はどのように変化するかを答えよ。

**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム

専門科目

[2] 以下の問1から問5に答えよ。

**問1** 以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 単斜晶系 (monoclinic crystal system) における軸長と軸角の関係式を答えよ。
- (2) 単斜晶系には2種類のブラベ格子が存在する。このうち複合格子を取るものの型 (lattice type) の名称を答えよ。
- (3) 単斜晶系をとる鉱物を“種名”で一つ答えよ。

**問2** ダイヤモンドの結晶構造は(ア:スピネル, イ:岩塩, ウ:閃亜鉛鉱, エ:ルチル, オ:蛍石)型結晶構造と関連付けて説明されることが多い。以下の問(1)～(2)に答えよ。

- (1) カッコ内の適切な語句を選択し, 記号で答えよ。
- (2) (1)で答えた結晶構造の型とダイヤモンドそれぞれの結晶構造における原子配置を関連付けて説明せよ。

**問3** X線管球から発生する特性X線について以下の問(1)～(2)に答えよ。

- (1)  $K_{\alpha}$ 線と $K_{\beta}$ 線のどちらの方が, 一光子あたりのエネルギーが高いか。高い方を, その理由とともに答えよ。
- (2)  $K_{\alpha}$ 線と $K_{\beta}$ 線のどちらの方が, 強度が高いか。高い方を, その理由とともに答えよ。

**問4** 粉末X線回折計では通常, 試料とX線検出器の間にモノクロメーターを設置し, X線の単色化を行っている。以下の問(1)～(2)に答えよ。

- (1) モノクロメーターの構造を簡単に説明せよ。
- (2) モノクロメーターにより $K_{\alpha}$ 線のみが選別される原理を説明せよ。

**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

問5 以下の問（1）～（4）に答えよ。

（1） Group I の岩石に対応する構成鉱物の組み合わせを Group II から選べ。

- |   |   |
|---|---|
| <p>[Group I]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Basalt</li> <li>B. Granite</li> <li>C. Mica schist</li> <li>D. Peridotite</li> </ul> | <p>[Group II]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Muscovite - Biotite - Quartz - Feldspar</li> <li>2. Plagioclase - Pyroxene ± Glass</li> <li>3. Quartz - Alkali Feldspar - Mica - Hornblende</li> <li>4. Olivine - Pyroxene</li> <li>5. Olivine - Quartz - Pyroxene - Plagioclase</li> </ul> |
|---|---|

（2） 下記の変成相図中の（ア）～（ウ）の領域の変成相の名前を答えよ。解答は日本語でも英語でも可とする。

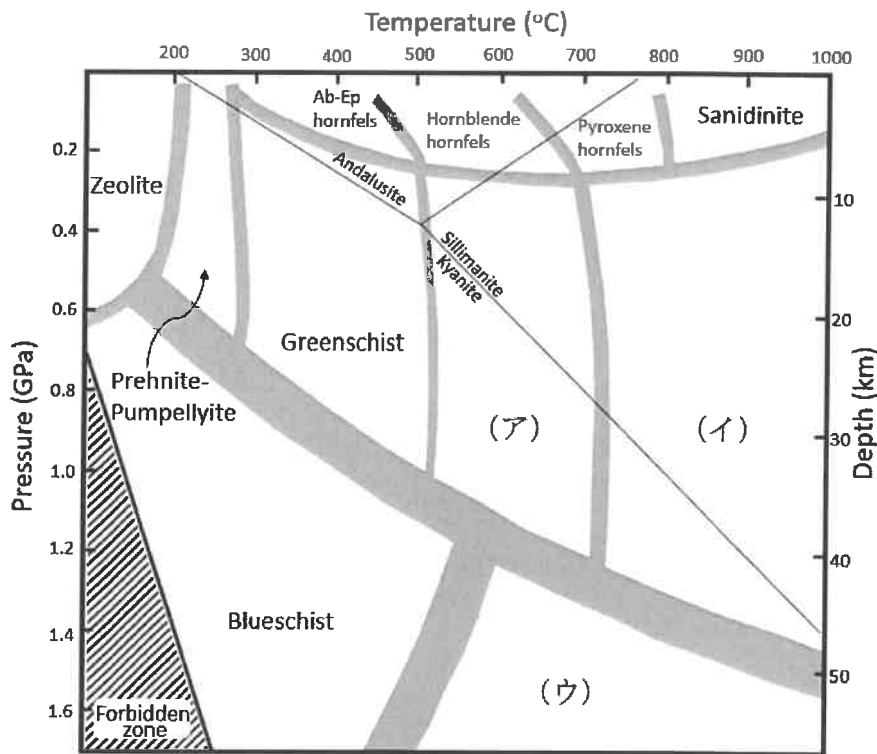


図: 主な変成相の推定温度・圧力範囲

Winter, J.D. 2001; An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology を一部改変

（3） 玄武岩が（イ）と（ウ）に対応する温度・圧力下で変成作用を受けた場合、それぞれの領域において出現する主要鉱物の組み合わせを答えよ。解答は日本語でも英語でも可とする。

（4） 図の斜線の領域は、なぜ **Forbidden zone** と呼ばれているかを答えよ。

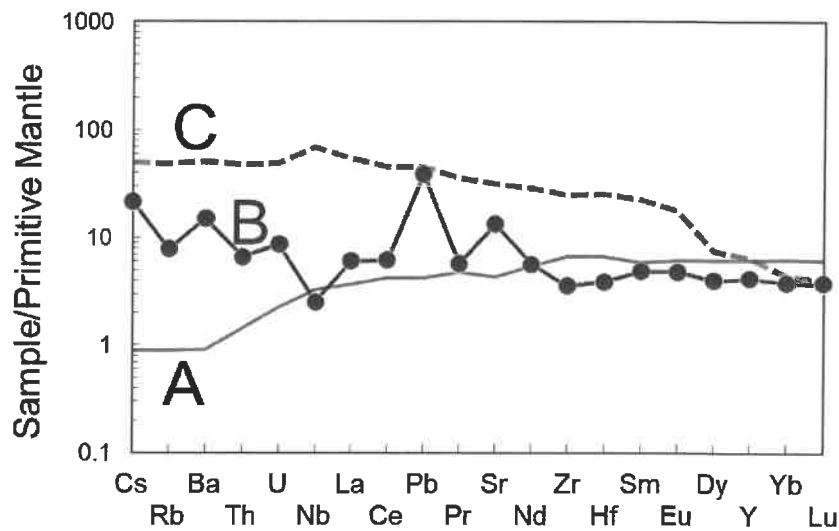
**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

[3] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、ア ~ ク に入る最も適切な語または記号を答えよ。

火成岩の微量元素組成は、マグマの発生や進化過程を解明するために、非常に有効である。なぜなら、微量であるがゆえに、微量元素の固相とメルト間の分配は ア に従うからである。分配係数を  $Kd = (\text{固相中の微量元素濃度}) / (\text{メルト中の微量元素濃度})$  とするとき、 $Kd < 1$  の微量元素は イ 元素と呼ばれる。下の図は、中央海嶺玄武岩 (MORB)、海洋島玄武岩 (OIB) と沈み込み帯の玄武岩 (IAB) の イ 元素を始原的マントル (Primitive Mantle) で規格化した値を示していて、横軸の元素は右側ほど  $Kd$  が小さくなるように並んでいる。この図中の A~C のうち ウ が MORB、エ が OIB、オ が IAB の値である。A の値は、微量元素に枯渇した カ の平均的な化学的特徴を示している。B は A と比べ水に対する分配が高い Large ion lithophile element に富み、キ に乏しい傾向を示し、これらはマグマの発生過程で水が大きな役割を果たしたことを示している。C が全体的に高い値を示すのは、マントル最下部まで沈降した ク の成分が、マグマの起源物質の一部になっていることが、その原因の一つとして考えられている。



令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

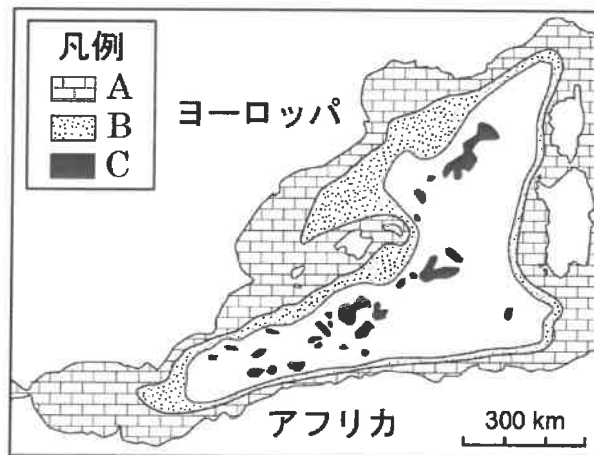
地球惑星システム学プログラム

専門科目

問2 次の文章を読み、問（1）～（4）に答えよ。

蒸発岩は、堆積岩の中でも **ア** 岩の一種である。特に (a) 海水の蒸発濃縮が進行すると数種類の塩が順に晶出し、特徴的な蒸発岩層序が形成される。 (b) 大規模な蒸発岩は 590～530 万年前の地中海で形成されており、そのイベントは **イ** 危機と呼ばれている。

- (1) **ア** と **イ** に当てはまる最も適切な語を答えよ。
- (2) 下線部 (a) について、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$  が晶出する順序を答えよ。
- (3) 下線部 (b) について、図は地中海西部の海底における蒸発岩の分布を表している。凡例の A、B、C に当てはまる岩石名もしくは鉱物名を答えよ。
- (4) 図において、なぜ蒸発岩がこのような分布を示すのか説明せよ。



図：地中海西部の海底における蒸発岩の分布。

令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

[4] 隕石の分類は、岩石・鉱物学的手法、地球化学的手法、分光学的手法に基づいて行われる。隕石の分類に関して、以下の問（1）～（4）に答えよ。

（1）酸素同位体組成による隕石分類を、下記の語を全て使って説明せよ。

$^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{17}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ , 質量差, TF Line, CCAM Line, 月起源隕石, エンスタタイトコンドライト, 炭素質コンドライト

（2）ある普通コンドライトを偏光顕微鏡で観察すると、以下の2つの特徴が見られた。これらの特徴から、この普通コンドライトが形成後に経験した出来事を、理由と共に2つ答えよ。

- ・コンドリュールと基質の区別は困難であった。
- ・斜長石がガラス化していた。

（3）探査機に搭載された赤外分光器によって得られる小天体表面の反射スペクトルから、小天体と隕石の分類を対応づけることができる。赤外吸収分光法の原理を、下記の語と語句を全て使って説明せよ。

ランベルト・ベールの法則, 波長, 赤外光  $I_0$ , 振動や回転, 吸収, 光の強度  $A$ , 試料の構造, 反射光  $I$ , 分子, スペクトル

（4）C型小惑星の分類には、どの物質の赤外吸収が有用な手がかりとなるか。具体例を1つ挙げよ。

**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム

専門科目

[5] 以下の問1と問2に答えよ。

**問1** 重力異常とアイソスタシーに関する以下の問(1)～(5)に答えよ。

(1) 以下を用いてフリーエア異常 $\Delta g_F$ とブーゲー異常 $\Delta g_B$ を表せ。

$g$ : 重力値,  $\gamma$ : 正規重力,  $\delta g_F$ : フリーエア補正值,  $\delta g_B$ : ブーゲー補正值

(2) フリーエア異常は質量に関して何を表しているか。

(3) ブーゲー異常は質量に関して何を表しているか。

(4) アイソスタシーが成立している地域ではフリーエア異常はどのようになっているか。

(5) 地形がなだらかな地域ではブーゲー補正值 $\delta g_B$ は以下のようなになる。

$$\delta g_B = -2\pi G\rho_c H$$

ここで $\rho_c$ は地殻の密度,  $G$ は万有引力定数,  $H$ は標高である。アイソスタシーが成立している地域ではブーゲー異常はどのようになっているか。

**問2** 地震波速度とその物性値及び圧力に関する以下の問(1)～(5)に答えよ。

(1) 以下を用いてP波速度( $V_p$ )とS波速度( $V_s$ )を表せ。

$\rho$ : 密度,  $K$ : 体積弾性率,  $\mu$ : 剛性率

(2) バルク音速 (bulk sound velocity) とは何か説明せよ。またその式を(1)で出てきたパラメータを用いて表せ。

(3) 以下を用いて体積弾性率 $K$ の定義式を書け。

$dP$ : 圧力上昇,  $V$ : 物体の体積,  $dV$ : 縮んだ体積

また, ダイヤモンドとカンラン石ではどちらの体積弾性率が大きいか答えよ。

(4) 以下を用いて圧力 $P$ を表せ。密度及び重力加速度は一定と仮定する。

$\rho$ : 密度,  $g$ : 重力加速度,  $h$ : 深さ

(5) マントル物質の密度を $3.3 \text{ g/cm}^3$ , 重力加速度を $10 \text{ m/s}^2$ で一定と仮定する。深さ400 kmでの圧力値を計算せよ。単位はGPaで答えよ。途中の計算過程も書くこと。



**令和2年10月及び令和3年4月入学  
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題**

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

[6] 以下の問1または問2のいずれか一方を選択して答えよ。

**問1** 2003年十勝沖地震(Mw8.3)は海溝型の巨大地震であり、本震後30日以上にわたって震源域の外側でゆっくりとした断層運動が起こったことが知られている。以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 図1を参照して本震のおおよその震源メカニズム解を描け。またそのように描いた理由を述べよ。なお下半球投影で押しを黒、引きを白とせよ。
- (2) 図1に示された地表の点Eにおける本震による地殻変動の鉛直成分は上下どちらか、また水平成分はおおよそどの方位か、理由とともに答えよ。
- (3) 速度・状態依存摩擦則は次のように表される。

$$\mu = \mu^* + A \ln(V/V^*) + B \ln(\theta/\theta^*) \quad (1)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = 1 - \frac{V\theta}{L} \quad (2)$$

ここで $\mu$ は動摩擦係数、 $V$ はすべり速度、 $\theta$ は状態変数、 $A, B, L$ は断層の摩擦パラメータである。また $*$ は基準状態における値を意味する。式(1)は定常状態では次のように表されることを示せ。

$$\mu = \mu^* + (A - B) \ln(V/V^*)$$

- (4) 図1に示されたプレート境界面上の点Pにおいて、ゆっくりとした断層運動のせん断応力がすべり速度の自然対数の関数として図2のように求められた。このとき点Pにおける $(A - B)\sigma$ の値を求めよ。ここで $\sigma$ は垂直応力である。
- (5) ゆっくりとした断層運動はスロー地震とアフタースリップのどちらか、理由と共に答えよ。

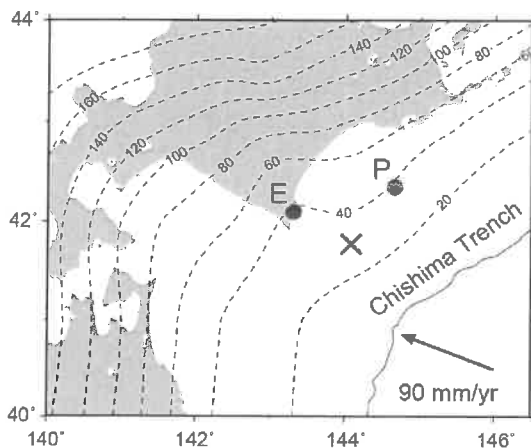


図1 ×：本震の震央，矢印：太平洋プレートの収束速度，破線：プレート境界面の等深線（20km間隔）

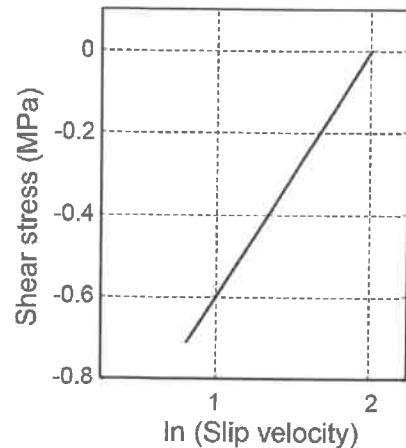


図2 横軸：すべり速度の自然対数，縦軸：せん断応力

令和2年10月及び令和3年4月入学  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学プログラム	専門科目
----------------	------

問2 図3は  $Mg_2SiO_4$ - $Fe_2SiO_4$  系かんらん石の  $1500^\circ C$  での高圧相平衡図を表している。以下の問 (1) ~ (6) に答えよ。

- (1) 図中の点線は何を表しているかを答えよ。
- (2) 点線の組成に沿った高圧相転移の順序を、図中の記号を用いて答えよ。
- (3) (2) で起こっている高圧相転移は、それぞれ地球内部のどの不連続面に対応しているかを答えよ。またこの中で一番観測され難い不連続面はどこか、その理由とともに答えよ。
- (4) (2) で起こっている相転移のうち、珪素 (Si) の配位数変化を伴う相転移はどれかを答えよ。また何配位から何配位への変化かを答えよ。さらに「配位数変化のある」相転移は「配位数変化のない」相転移と比較してどのような違いが生じ易いかを答えよ。
- (5)  $Fe_2SiO_4$  系の高圧相転移は  $Mg_2SiO_4$  系の高圧相転移に比較して、より低圧で起こっている。その理由を説明せよ。
- (6) 2成分系で自由度0となっている不変点 (invariant point) はどこか、図からおおよその値を読み取り、( $Mg_2SiO_4$  mol%, 圧力値 GPa) の表記で答えよ。またその点では何相共存か、相律の式を用いて説明せよ。

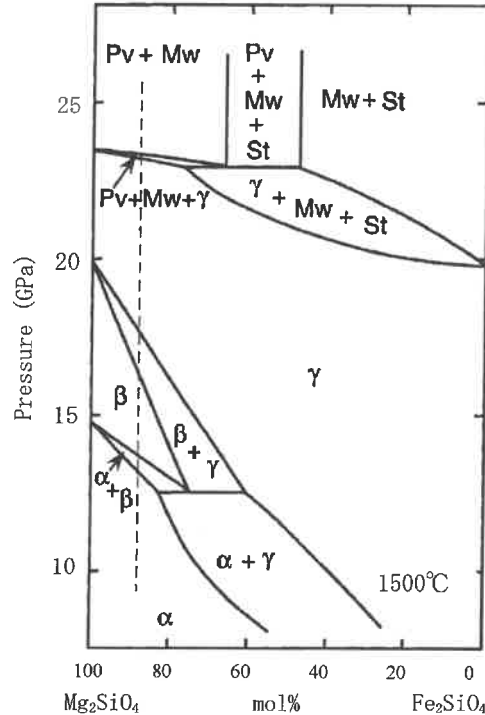


図3:  $Mg_2SiO_4$ - $Fe_2SiO_4$  系かんらん石の  $1500^\circ C$  での高圧相平衡図  
 $\alpha$ : olivine,  $\beta$ : wadsleyite,  $\gamma$ : ringwoodite, Pv: Mg-silicate perovskite (bridgmanite), Mw: magnesiowüstite, St: stishovite. (Irifune, 1993 より引用, 一部改変)