

国際地学オリンピック 2016

筆記テスト No. 1

テーマ

地球システム：物質循環と相互作用

指示に従って質問に答えなさい。枠線内の文章に関する小問は、テーマ全体を貫く流れに沿っています。

問題を理解するために、資料を分析することや活用することが、基本的に必要です。もちろん、あなたが資料分析を知っていることが必要です！

特に指定のない場合、以下のように採点されます。

1つの問題に1つの答えのみがある場合：正答は1点、誤答は0点。

1つの問題に複数の正答がある場合：正答1つにつき1点、誤答1つにつき-0.5点；誤答の数が正答を超えても、マイナスにはなりません。1つの問題には、少なくとも一つは間違った答えが必ずあります。ですから、もしすべてを選択したとしても、0点となります。

問題の中には、特定の方法で採点するものがあります。

地質学的なプロセスは、常に、地表の物質を一方から他方へ、地圏の表層から深層へ、そして時には深層から表層へ鉛直方向に移動させている。水圏、気圏、地圏、生物圏のような異なる圏にまたがって移動する間に、物質に変化が生じることがある。そのような変化が地域的に生じている場所について考えてみよう。



写真1

写真2

G…花崗岩 S…海岸の砂、もしくは巨礫の間の砂 P…3ページ参照 白い矢印…節理



写真3

写真1に白い矢印で示した節理の拡大

上の写真は北緯 45 度の地点にある大西洋の近くで撮影したものである。写真1、2のどちらの岩も花崗岩だが、わずかに見た目が異なる。花崗岩は風化と侵食を受けやすいが、このことについて考えてみよう。資料とあなたの知識を元に、以下の問いに答えなさい。

表1 写真2の花崗岩と巨礫の間の物質の鉱物組成

	花崗岩 (%)	巨礫の間の砂 (%)
石英	36	43
長石	25	19
白雲母	3	4
黒雲母	3	4
粘土 (カオリナイト)	-	11
その他の鉱物	32	17
水	1	2
合計	100%	100%

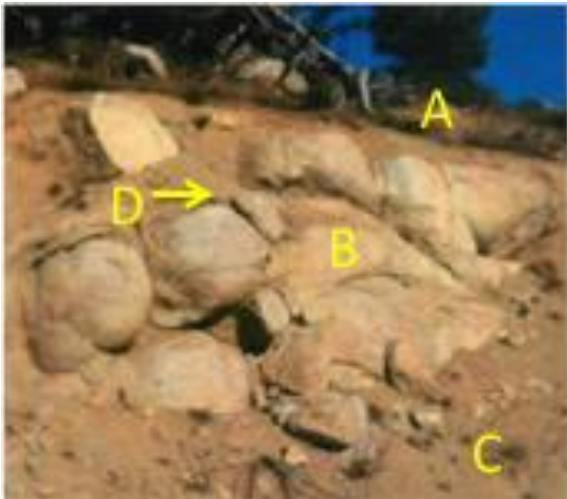
1) あなたの知識と資料を基に、次の中から正しいものを選びなさい。(複数回答可)

- a) 長石は石英より化学的風化に強い。
- b) 石英は長石より化学的風化に強い。
- c) 砂の中に見られる粘土(カオリナイト)は、花崗岩に含まれる石英の化学的風化によって生じたのかもしれない。
- d) 砂の中に見られる粘土(カオリナイト)は、花崗岩に含まれる長石の化学的風化によって生じたのかもしれない。

風化の強さは、気候や岩石の種類によって変化する。

2) 正しいものをすべて選びなさい。(複数回答可)

- a) この場所はほぼ一年中暖かいので、風化が起こりやすい。
- b) この場所はおそらく非常に降水量が多いので、風化が起こりやすい。
- c) 節理(白い矢印)は、花崗岩が地表に移動した際の圧力と温度の減少により体積が変化した結果である。
- d) 節理(白い矢印)の向きは、節理が断層運動との関連性の手がかりを与えてくれる。
- e) これらの節理は、岩石と水の重要な接触面で、より風化が起こりやすい。



Dの部分の拡大したもの。

この写真は写真1のPで示された場所を撮影したものである。

3) 上の写真の4つの部分の中で、花崗岩はどれか。(1つ答えなさい)

- a) Aの部分
- b) Bの部分
- c) Cの部分
- d) Dの部分

4) 上の写真の4つの部分の中で、侵食後の砂の部分は何れか。(1つ答えなさい)

- a) Aの部分
- b) Bの部分
- c) Cの部分
- d) Dの部分

5) 上の写真の4つの部分の中で、土壌があるのはどれか。(1つ答えなさい)

- a) Aの部分
- b) Bの部分
- c) Cの部分
- d) Dの部分

6) ここまでのすべての情報とあなたの知識を使って、下の中から正しいものをすべて選びなさい。(写真1と写真2は問題文の中では1と2と省略)(複数回答可)

- a) 2に見られる花崗岩の侵食は、写真1より強い。
- b) 2の巨礫は、おそらく海から運ばれた。
- c) 2の巨礫は、おそらく風化のみ受けた後に重力で転落した。
- d) 2の巨礫は、おそらく風化と水による侵食を受けた後に重力によって転落した。
- e) 1よりも2の方が、風化が強いもしくは長いと考えられる。
- g) 花崗岩の上にみられる植生は、流れからの水を妨げることによって侵食から岩を保護しやすい。
- h) 花崗岩の上にみられる植生は、植物の根が岩の節理を広げて風化を助けるので、侵食を増大させる。

写真2(と写真1)にある大きな花崗岩の風化によって大量に生み出される物質について考えよう。海岸の物質(S)は、表1に記載されている物質と比べて、石英が多く、長石が少ない。

7) 花崗岩の風化から生じたすべての生成物はどうなるか。適切と考えられるものをすべて選びなさい(複数回答可)。

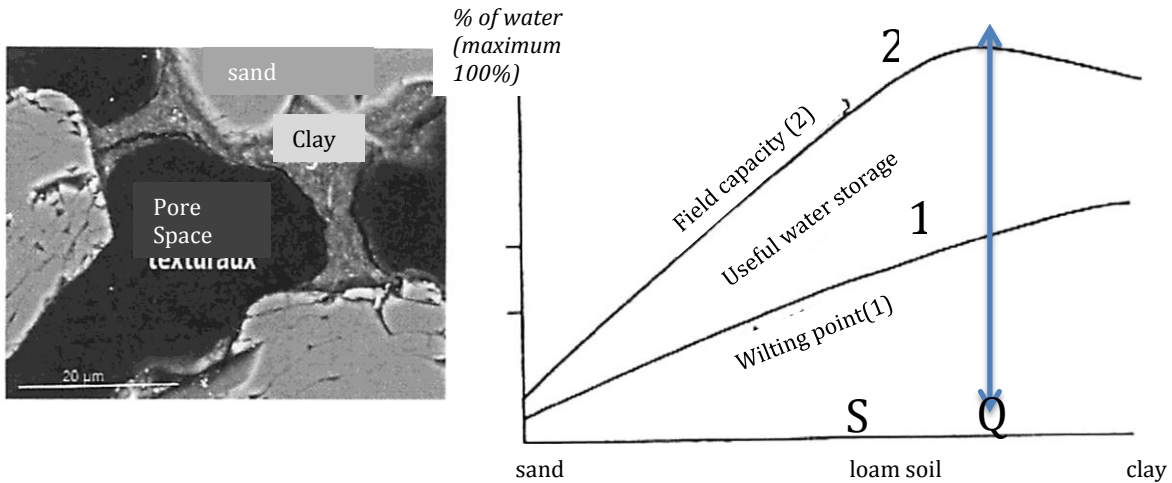
- a) 花崗岩が風化や侵食されたあと、すべての物質は海岸にとどまっている。
- b) 物質のほとんどは海にさらわれ、他の場所に堆積する。
- c) 物質はほとんどが海水に溶解してしまい、ほとんど残っていない。
- d) 物質の一部は、人間の活動によって持ち去られる。
- e) ほとんどの長石は海によって侵食され、より重い石英の粒が海岸に残っている。
- f) 海岸にあるすべての風化物は確実に近くの花崗岩からのものである。
- g) 物質の一部は他の場所にある花崗岩起源で、海に運ばれて堆積した可能性がある。

この露頭は、もちろん、地圏/気圏/水圏/生物圏間の相互作用がおこりやすい。土壌の内部、花崗岩の巨礫の内部、砂層の内部、風化部分には、どの相互作用が生じ、またこの地点の地質学的変化にとって重要なのだろうか。(「内部」とは表面から5cmの深さを指す。)

8) この地点の地質学的変化の点において、地圏との相互作用があるならば下の表に Y (Yes) を、相互作用がない場合は N (No) を書きなさい。(1行すべての正解ごとに1点)

	大気圏	水圏	生物圏
露頭の表面	Y	Y	Y
花崗岩の内部			
風化帯の内部			
砂層の内部			

問題 9 では、土壌について詳しく観察することで、そこに生じている相互作用を考えます。→



Field capacity (曲線 2) : 圃場含水量、Useful water storage:有用貯水量、Wilting point(曲線 1):しおれ点

グラフ: y 軸=水分量%; x 軸= 土壌の中の砂と粘土の組成。左端は砂 100%、右端は粘土 100%。

写真: グラフ上の S の組成の土壌 (loam soil) の顕微鏡写真。(細孔組織: 土壌構造中の鉱物粒子間の空間)

曲線 1 (しおれ点) : 植物が土壌中の水分を吸収できなくなる水分量 (%)。

曲線 2 (圃場含水量) : 大雨の後に土壌に保持される水分量 (%)。余分な水は土壌から排出され、保持されない。

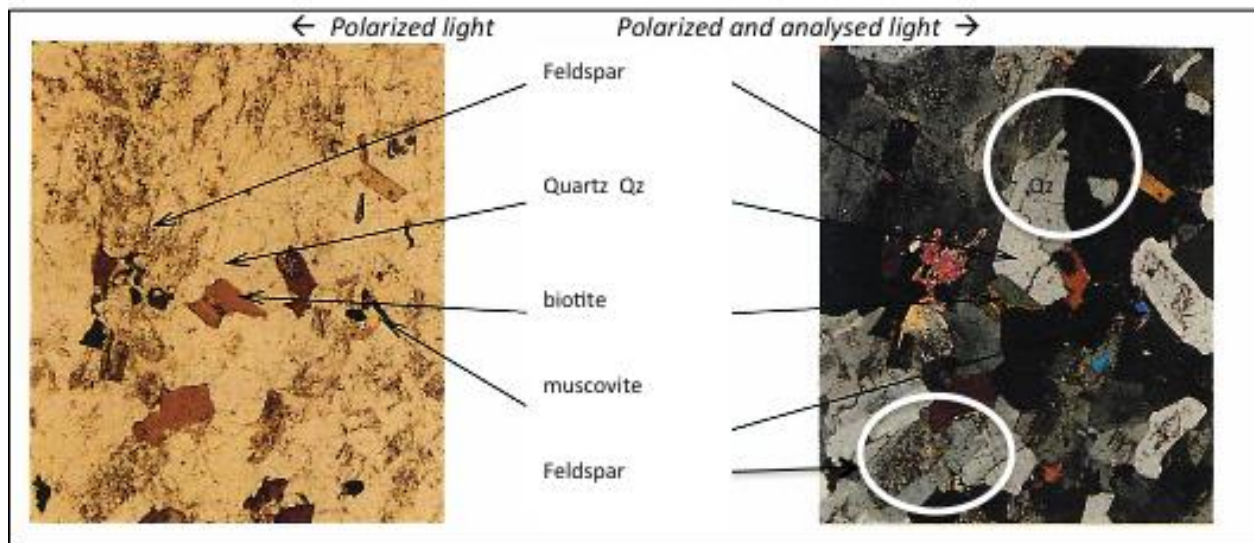
有用貯水量 : 植物が利用できる地下に蓄えられた水。

地圏/水圏/生物圏間の関係の研究は農学者に必要とされる。

9) 先の記述の情報と自分の知識をもとに、正しい文をすべて選びなさい。(複数解答可)

- a) 水は土壌の孔隙にとどまり、主に砂粒子との強い相互作用によって保持されると考えるのが妥当だと思われる。
- b) 水は土壌の孔隙にとどまり、主に粘土粒子との強い相互作用によって保持されると考えるのが妥当だと思われる。
- c) 粘土成分が最も多いこと (100%) が、植物にとって水の可用性として最高の状態を提供する。
- d) 砂成分が最も多いこと (100%) が、植物にとって水の可用性として最高の状態を提供する。
- e) 粘土を 100% 含んでいる土壌の水の可用性は、砂を加えることで改善できる。
- f) グラフ中の Q で示される成分の砂と粘土からなる土壌は、植物にとって最高である。というのは、土壌に最大で約 30% の水分含有量を持たせるからである。
- g) 含水量グラフ中の Q で示される成分の砂と粘土の土壌は、植物にとって最高である。というのは、土壌に約 15% の最大利用可能水分量を持たせるからである。
- h) 畑にできるだけ大量に連続的に灌漑することは、水の可用性を高め、良い選択である。
- i) 土壌中の含水量が曲線 1 より高ければ、畑の灌漑は水の無駄使いにすぎず、植物に良いことはない。
- j) 土壌中の含水量が曲線 2 より高ければ、畑の灌漑は水の無駄使いにすぎず、植物に良いことはない。

これから、花崗岩の風化の過程を探究します。



オープンニコル

クロスニコル

写真 4: 花崗岩の薄片 主な鉱物の名前は以下のとおりです。

Feldspar: 長石、Quartz : 石英、biotite : 黒雲母、muscovite : 白雲母

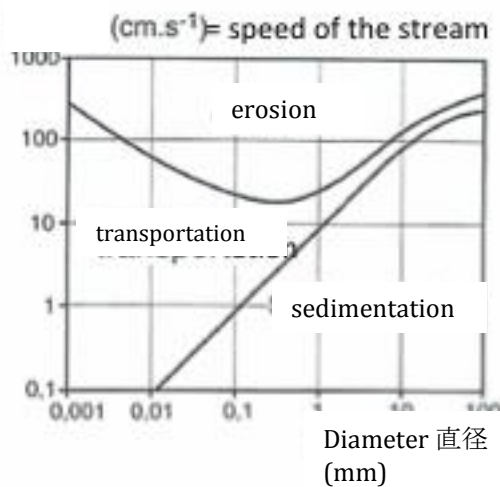
花崗岩中のいくつかの鉱物の結晶化作用と風化の様子との関連性について探究します。石英は長石の後に結晶化します。上の薄片写真は、付け加わっていく順番の手がかりを与えてくれます。

10) 正しい文を選びなさい。(正答は一つ)

- a) より高温で結晶化するので、石英は地表でより安定である。このことが長石ほど容易に風化されないことの説明である。
- b) より高温で結晶化するので、長石は地表でより安定である。このことが石英よりも容易に風化されることの説明である。
- c) より高温で結晶化するので、石英は地表で安定さにより乏しい。このことが長石よりも容易に風化されることの説明である。
- d) より高温で結晶化するので、長石は地表で安定さにより乏しい。このことが石英よりも容易に風化されることの説明である。

風化の後に、侵食、運搬、堆積…が起こります。

次の実験結果の図は、流速と粒径・直径の関係と、地表での地質学的プロセス - 侵食、運搬、堆積を示しています。粘土粒子のサイズ上限は 0.02 mm です。

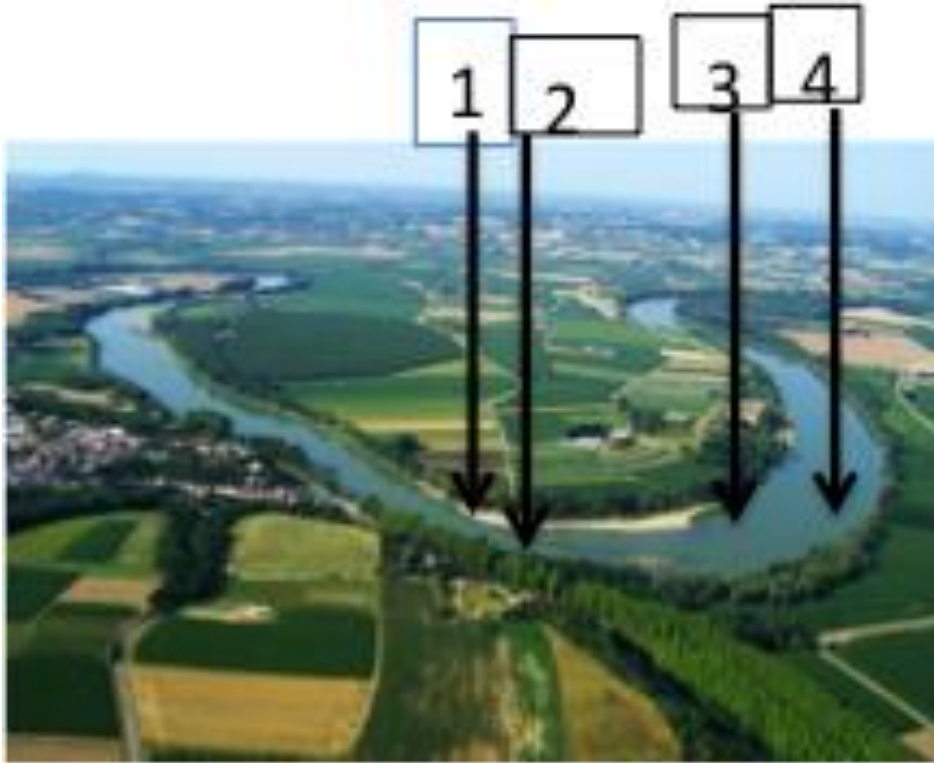


11) 正しい文をすべて選びなさい。(複数回答可)

- a) 直径 1 mm の粒子は、流速が毎秒 1cm 以下に低下したとき、川底に沈む。
- b) 川は異なるサイズの粒子を運ぶことを考えると、流速低下につれて大きな粒子は小さな粒子よりも遠方へ運ばれる。
- c) 0.1 mm の粒子は、1 mm の粒子よりも運搬速度が幅広い。
- d) 粒子の直径が大きくなるにつれて、だんだんと侵食しにくくなる。

12) 上の図に基づいて、正しいか、もっともらしい文をすべて選びなさい。(複数回答可)

- a) 直径 0.01 mm 以下の粘土粒子は決して侵食されない。
- b) 直径 0.01 mm 以下の粘土粒子は決して堆積しない。
- c) 直径 0.01 mm 以下の粘土粒子は、流速が大変遅いとき、堆積する。
- d) 粘土粒子はたいへん小さいので、水中では安定した溶液になる。



上の写真は、リソス川の蛇行です。地点1、2は川の土手で、地点3、4は川の中です。

13) 正しい答えを選びなさい。（正答1つ）

- a) 川の流速は、地点3の方が地点4よりも速い。
- b) 川の流速は、地点4の方が地点3よりも速い。
- c) 川の流速は、地点3と地点4で同じ。

14) 正しい答えを選びなさい。（正答1つ）

- a) 地点1での主な地質学的作用は侵食です。
- b) 地点1での主な地質学的作用は運搬です。
- c) 地点1での主な地質学的作用は堆積です。

15) 正しい答えを選びなさい。（正答1つ）

- a) 地点2での主な地質学的作用は侵食です。
- b) 地点2での主な地質学的作用は運搬です。
- c) 地点2での主な地質学的作用は堆積です。

現在のことを学ぶことは過去を理解する手がかりになります…→

下の露頭の写真を撮影した地質学者は、これらの地層は、風成層であると主張しています。



露頭

円で囲んだ部分の拡大

スケール: I-----I およそ 20 cm

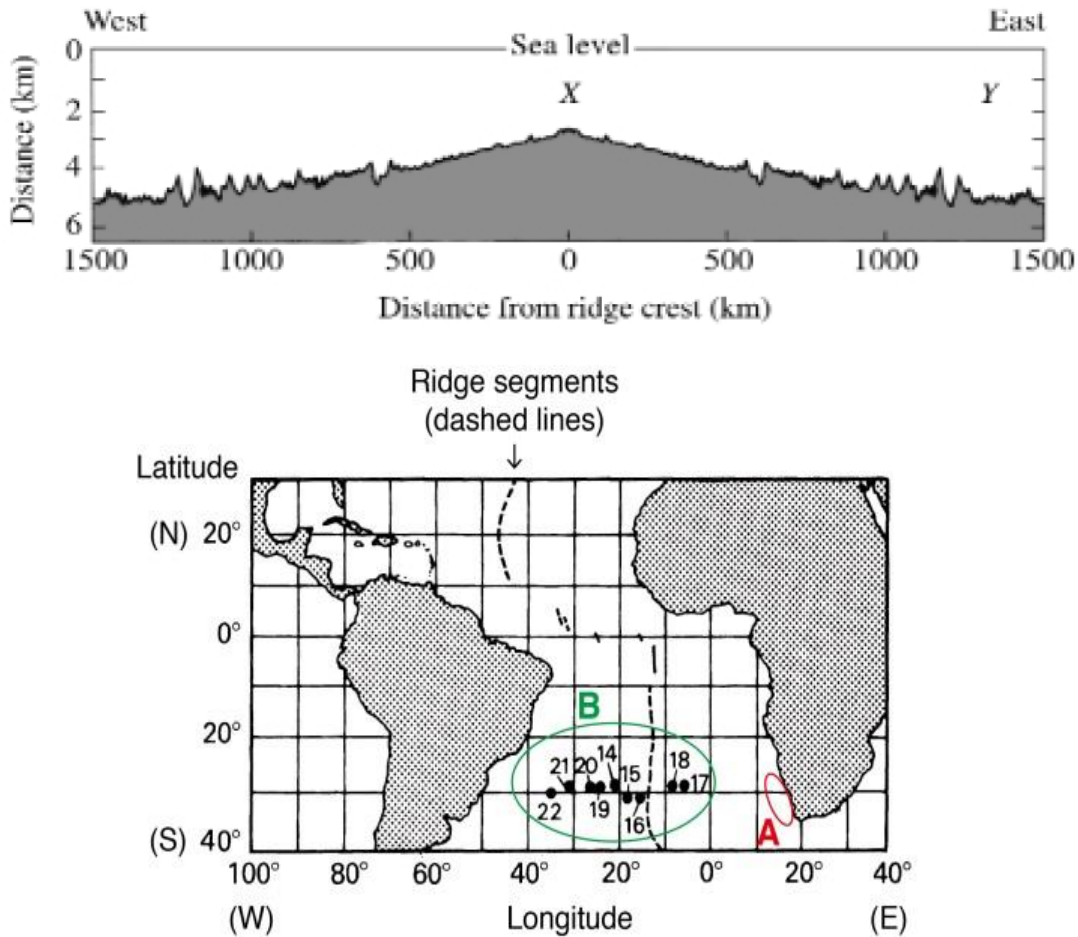
16) この堆積物が風により堆積したと仮定すると、下のどの文が正しいか。(複数回答可)

- a) 粒径は揃っている。
- b) 各堆積物は小規模な砂丘の風下側のもので、風は右から左へ吹いていた。
- c) 各堆積物は小規模な砂丘の風下側のもので、風は左から右へ吹いていた。
- d) 風成堆積物は決して水平にならない。
- e) 1 と 3 の番号を付した部分の水平方向の線を説明するもっとも信頼がおける仮説は、小規模な古砂丘の上面を表しているというものである。
- f) (1層と3層) 水平方向の線を説明するもっとも信頼がおける仮説は、時折、強風が砂丘を侵食し、平らにしたというものである。
- g) 1に見られる不整合は、構造運動だけが関係しうる。

それでは、より広い規模で変形作用や物質のやりとりを探究するために、大陸・大陸棚を離れましょう。

下の図は、海洋地殻の深さと海嶺からの距離の関係を示している。その下の地図にある、17地点（Y）の深さは、18地点（X）よりも深い。

これらの違いを理解するために、問題 17 および 18 を注意深く読みなさい。



17) 論理的に正しいと思われる選択肢を全て選びなさい。（複数解答の可能性あり）：

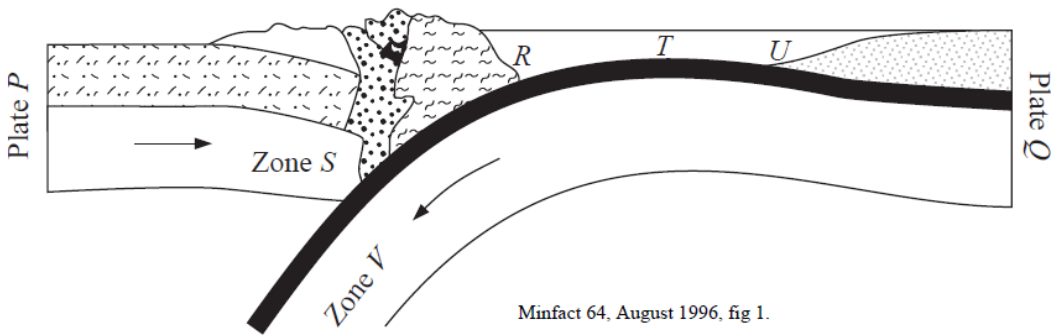
- 海面下の流れが海底面を侵食し、これによって X 地点よりも Y 地点の海洋底の深さが深くなった。
- リソスフェアが冷却し、かつ、堆積物がそれを埋めなかったため、X から Y に向かってリソスフェアが薄くなっている。
- 密度が増加する。それにより、アセノスフェアに徐々に沈み込んでいく。
- 堆積物の追加によって重さが増加し、プレートがアセノスフェアに沈み込む。

18) 説明の中で、最も論理的であると思う仮説はどれか。（地質学的プロセスに関する知識を使いなさい）（正答は1つ）：

- 深層流が海底面を侵食し、これによって X 地点よりも Y 地点の海洋底の深さが深くなった。
- リソスフェアが冷却し、かつ、堆積物がそれを埋めなかったため、X から Y に向かってリソスフェアが薄くなっている。
- 密度が増加する。それにより、アセノスフェアに徐々に沈み込んでいく。
- 堆積物の追加によって重さが増加し、プレートがアセノスフェアに沈み込む。

次に、沈み込み帯における構造プレートに進もう。沈み込み帯は地球規模で、主として地圏における多くの物質の移動や変化が生じる場所である。

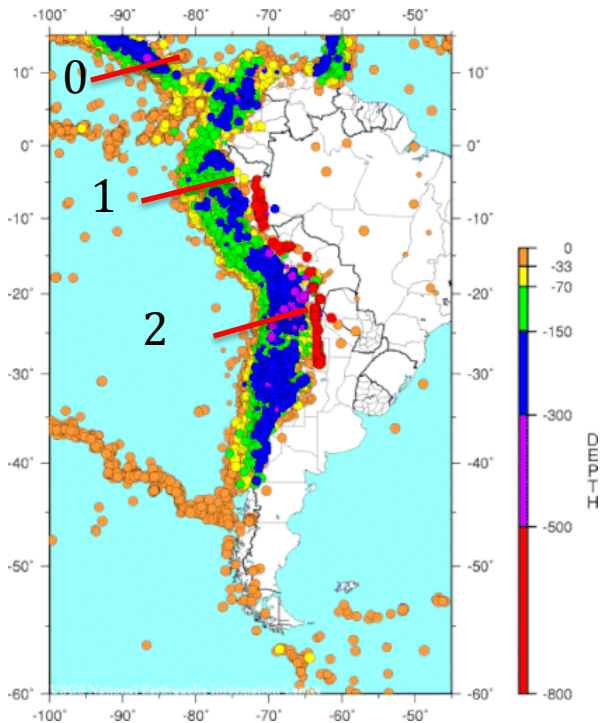
おそらく、教科書などで下のような図を見たことがあるだろう。しかし、下図においては、筆者はいろんな記号の情報を書き忘れている。



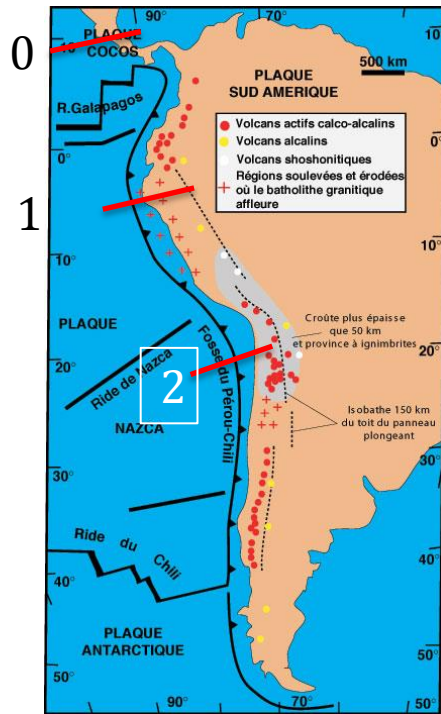
19) 沈み込み帯の特徴を考えたとき、次の解釈のうちどれが正しいか（複数解答可）：

- a) P は海洋プレート、Q は大陸プレート、島弧はTの下に位置している。
- b) P は海洋プレート、沈み込むプレートはゾーンSに位置し、海溝はUに位置している。
- c) Q は海洋プレート、P は大陸プレート、海溝はRに位置している。
- d) ゾーンVは沈み込むプレート、海溝はRに位置し、島弧はTに位置している。
- e) プレートQの上にある太い黒線は、おそらく海洋リソスフェアを表している。
- f) プレートP上部のゾーンSの上方にある点描・破線を付した層は、おそらく大陸地殻である。
- g) プレートPとプレートQの下部分は同じ色（白色）で示しているが、これらは地球の同じ層を構成していないので、明らかに誤りである。
- h) プレートPとプレートQの下部分を同じ色（白色）で示しているのは、共に“上部マントル”と考えられるので、よい選択である。

南アメリカの西海岸は、沈み込み帯である。海岸線に沿ったコルディレラ造山帯には異なる沈み込みの特徴がある；ここでは、「タイプ A ゾーン (またはゾーン A)」と「タイプ B ゾーン (またはゾーン B)」と呼ぶことにする。この2つの沈み込みの違いの手がかりを見出し、説明を試みよう。



地図1 地震の位置
色の違いは震源の深さを示す。



地図2 赤い点が火山を示す
この地図の赤い点のみを使用する。
その他の記号 (十字、黄点)
は簡略化のため無視してよい。

20) 地図1と2の情報を利用し、正しい答えを選びなさい。(複数解答可)：

- a) 沈み込むプレートはライン1の方が急角度で傾斜している。
- b) 沈み込むプレートはライン2の方が急角度で傾斜している。
- c) 急傾斜を持つ沈み込み帯のみが火山活動に関連している。
- d) 緩傾斜を持つ沈み込み帯のみが火山活動に関連している。
- e) 沈み込む角度にかかわらず火山活動は生じる。

図 A および図 B は、2つの異なるタイプの沈み込み帯を表している。

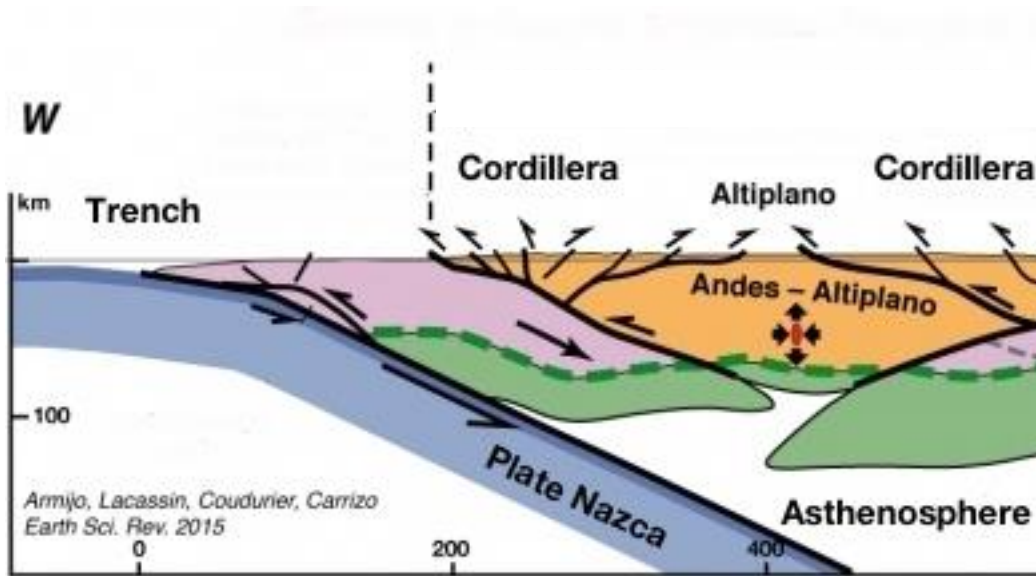
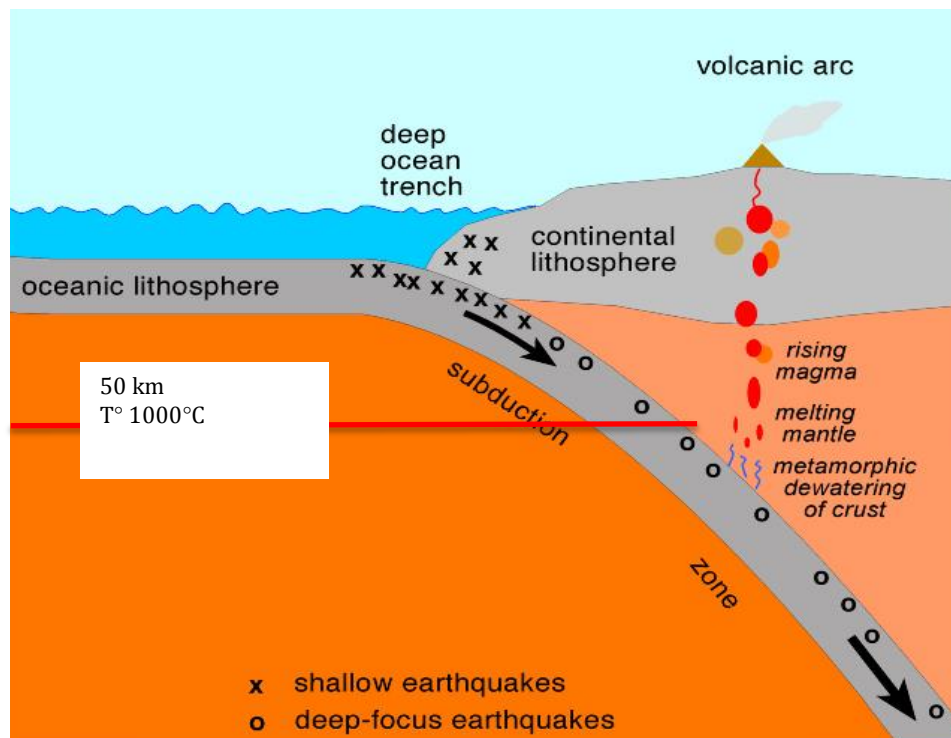


図 A: 「タイプ A ゾーン」



<-----200km----->
 図 B: 「タイプ B ゾーン」 (全幅は 200km)

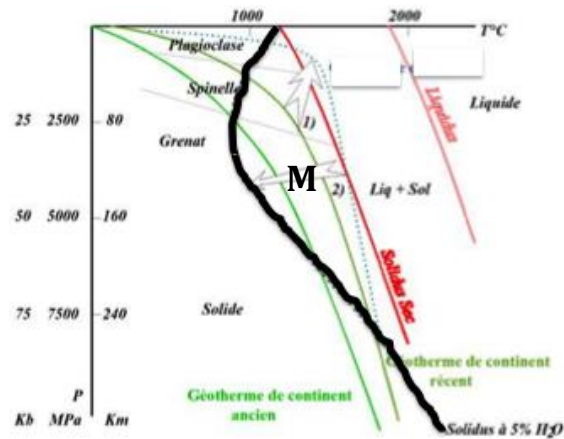


図 C : かんらん岩溶融の圧力条件（深さ km）と温度条件（℃）

- 赤線（ソリダス）は、無水条件でのかんらん岩の溶融開始を示している。
- 黒線（5% H₂O でのソリダス）は、水を含むかんらん岩の溶融開始を示している。

その他の記号は無視すること。

問題 21, 22, 23 について、図 A、B、C の情報を利用して正しい解答を選びなさい。

21) どの層が溶融してマグマを発生させるか。破棄される仮説（つまり誤りの選択肢）を全て選びなさい。（複数解答可）

- a) マグマは主に、マンツルの溶融によって生じる。
- b) マグマは主に、沈み込むプレートの下部地殻の溶融に由来する。
- c) マグマは主に、沈み込むプレートの上の堆積層が沈み込み帯で暖められて溶融する。

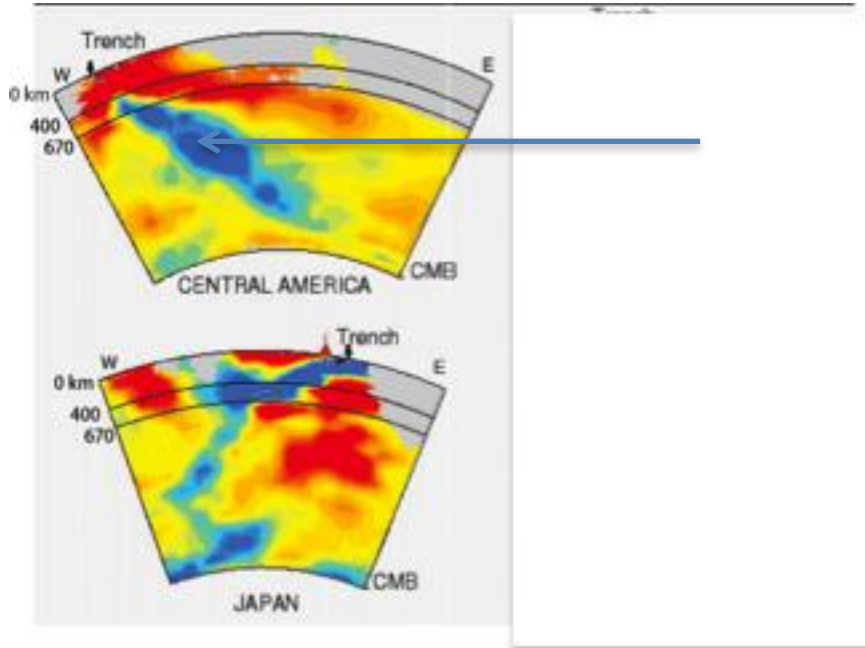
22) マグマの生成に関わる変成作用の影響に関して、間違いとは言い切れないので、更なる研究が必要である仮説を、1つ選び丸で囲みなさい。

- a) 沈み込むプレートの堆積層の変成作用が水を供給し、これによってマンツルが溶融する。
- b) M 点の条件でマンツルの溶融は起こりうる。堆積物の変成作用による加水は必ずしも必要ではない。
- c) 沈み込むプレートの堆積層が変成作用によって水を失った場合、堆積層の溶融は容易に起きる。

23) 12 ページの地図 1 と 2 にある、線 0 と 2 を検討してください。a) と b) 共に、正しい選択肢（線 0 または線 2 のどちらか）に丸をつけなさい。:

- a) 図 A は、（線 0 / 線 2）に沿った断面の解釈図である。
- b) 図 B は、（線 0 / 線 2）に沿った断面の解釈図である。

次のうち上の図は、中央アメリカを横断する断面（12 ページ、地図 1 および地図 2 の 0 地点）を表している。下の図は、日本を横断する断面を表している。



注釈: 地震波トモグラフィは、地震波伝搬速度を利用したモデルに基づき、地球の断面を、コンピュータを用いて画像化する技術である。地震波伝搬速度の違いを慣例的に色分けしてある。:

青は高速度/低温、赤は低速度/高温、黄色とオレンジは中間の速度/温度。

24)正しい説明を全て選びなさい。（複数解答可）:

- a) 上の図の矢印で示した青いゾーンは冷たいゾーンで、沈み込むプレートに関連している。
- b) 沈み込む海洋プレートの断片は、徐々に溶融して上部マントルに混ざる。
- c) 沈み込む海洋プレートの断片は、徐々に溶融して上部マントルと下部マントルの両方に混ざる。
- d) 沈み込む海洋プレートの断片は、徐々に上部および下部マントルと混ざるが、固体のままである。
- e) 地球表層からマントルへの物質の移動は、マントルから地球表層への物質の移動によって補われている。
- f) 日本のトモグラフィ図は、問 21 の問題の「タイプ A」ゾーンに似ている。
- g) 日本のトモグラフィ図は、問 21 の問題の「タイプ B」ゾーンに似ている。

以下の3つの仮説のうち、地震波トモグラフィの情報によって支持されるものはどれか。（あなたが最も適切と考える選択肢を1つだけ選びなさい。）

25) プレート運動のエネルギーの主な起源は。

- a) マントル対流セルとリソスフェアとの摩擦力がリソスフェアとしてのプレートを移動させる。付加ゾーンにおけるマグマの貫入が海洋プレートを押し離す。
- b) 沈み込む海洋プレートはマントルより高い密度を持つので、プレートは重力によって引っ張られる。（位置エネルギー）
- c) 海洋リソスフェアの上の堆積物の付加によって、その重さが増加し、リソスフェアを引き下げる。

地圏の深くまで潜ったあと、物質のあるものは最終的に地表まで戻ってくる…

花崗岩の話題に戻る。 →

最初の問題で示した花崗岩(G) (下の写真 A) は層状の岩石で囲まれている。白い点線はこれらの岩石の境界を示している。白い層は砂岩(S)、灰色層は砂と粘土の混合物の続成作用の結果できたものである(C)。したがって、この岩石を CS と呼ぶ。文字(A)は紅柱石を示し、CS の中に見いだせるが、花崗岩との接触領域近くのみである。

接触領域から離れると、CS は紅柱石を含まない。

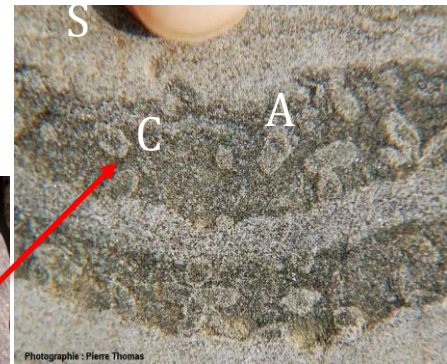
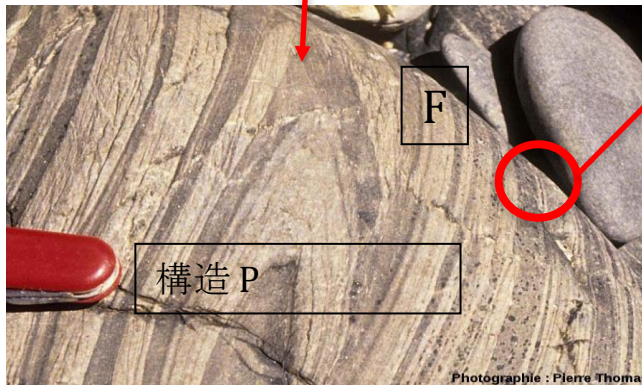
構造 P や F のような構造が CS 層すべてにおいて、花崗岩から離れたところでさえ見出すことができる。



← 写真 A.

他の二つの写真は円で囲んだ領域の拡大図である。

CS 岩 / 花崗岩接触



花崗岩との接触領域の詳細

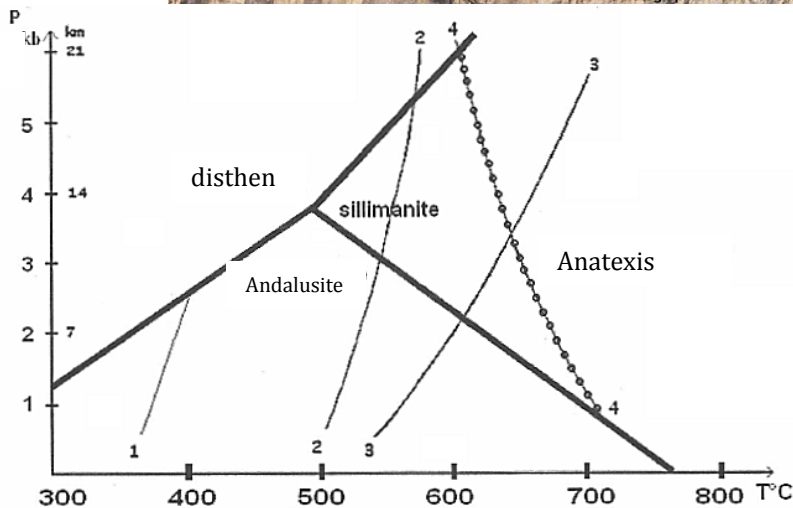


図: この図は、紅柱石、珪線石、らん晶石の形成につながる圧力・温度の領域を示している。これらの3鉱物は Al_2SiO_5 という同じ化学組成を持つ。

この岩石 CS は、地圏の異なる場所で起こった相互作用と変形作用の長い履歴を教えてくれる。

26) もっともらしい（説得力のある）記述をすべて選びなさい。（複数解答可）

- a) CS に見られる層理は変成作用とそれに関連する変形に関係するようである。これらによって C 層は S 層から分離された。
- b) CS に見られる層理は、多分、砂と粘土が交互に堆積することで起きた。
- c) 紅柱石は粘土の堆積と同時に形成された。
- d) 紅柱石は接触変成作用に関連する鉱物であり、CS が堆積した後に形成された。
- e) 岩石中に紅柱石が存在することは「高温」変成作用を推定するのに使われる。
- f) 岩石中に紅柱石が存在することは「低圧」変成作用を推定するのに使われる。
- g) 化学組成が原因となって、紅柱石は S 層中で形成されなかった。

27) 次のイベントのうちで、岩石 G の履歴すべてにおいて影響を及ぼしたものはどれか。（複数解答可）（正解は 0.5 点加点、不正解を選ぶと、0.5 点減点）

- a) 侵食
- b) 遅い冷却
- c) 速い冷却
- d) 堆積
- e) 変成作用
- f) 晶出
- g) 褶曲
- h) 隆起
- i) 埋没

28) 次の事象のうちで、岩石 CS の S 層の履歴すべてにおいて影響を及ぼしたものはどれか。（複数解答可）（正解は 0.5 点加点、不正解を選ぶと、0.5 点減点）

- a) 侵食
- b) 遅い冷却
- c) 速い冷却
- d) 堆積
- e) 晶出
- f) 褶曲
- g) 熔融
- h) 隆起
- i) 埋没

29) 次の事象のうちで花崗岩との接触部近くの岩石 CS の C 層の履歴すべてに影響を及ぼしたものはどれか。(複数解答可) (正解は 0.5 点加点、不正解を選ぶと、0.5 点減点)

- a) 侵食
- b) 遅い冷却
- c) 速い冷却
- d) 堆積
- e) 変成作用
- f) 晶出
- g) 褶曲
- h) 熔融
- i) 隆起
- j) 埋没

30) これらの 3 種の岩石 (G、S、CS) の年代に関連した記述の中で、正しいものはどれか。(複数解答可)

- a) 他の 2 層は層をなしているので、花崗岩は最も古い。
- b) 花崗岩は褶曲していないので、花崗岩は CS 岩よりも古い。
- c) 紅柱石を含むので、CS 岩は最も古い。
- d) その貫入により C が変成を受けているので、花崗岩は CS 岩よりも若い。
- e) CS が褶曲した後で、花崗岩が晶出した。

31) 構造史に関連した記述の中で正しいものはどれか。(一つ選択)

- a) P に見られる構造は、過去のある時点での圧縮を示している。
- b) P に見られる構造は、過去のある時点での伸張を示している。
- c) P に見られる構造は、CS 岩は圧縮も伸張も受けていないことを示している。

32) このテストで示した地質現象に関して、その地史に沿った地球のシステム間の相互作用の様子を最もよくまとめたものは次の模式のうちのうちどれか。(一つ解答)

