



岩鉦教授

岩石学 担当：道林克禎

春学期

月曜日 3 時限 13:00-14:30



第 1 1 回 変成作用と変成岩の分類



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY



MANTLE BOY
マントル君

岩石の分類：三分法

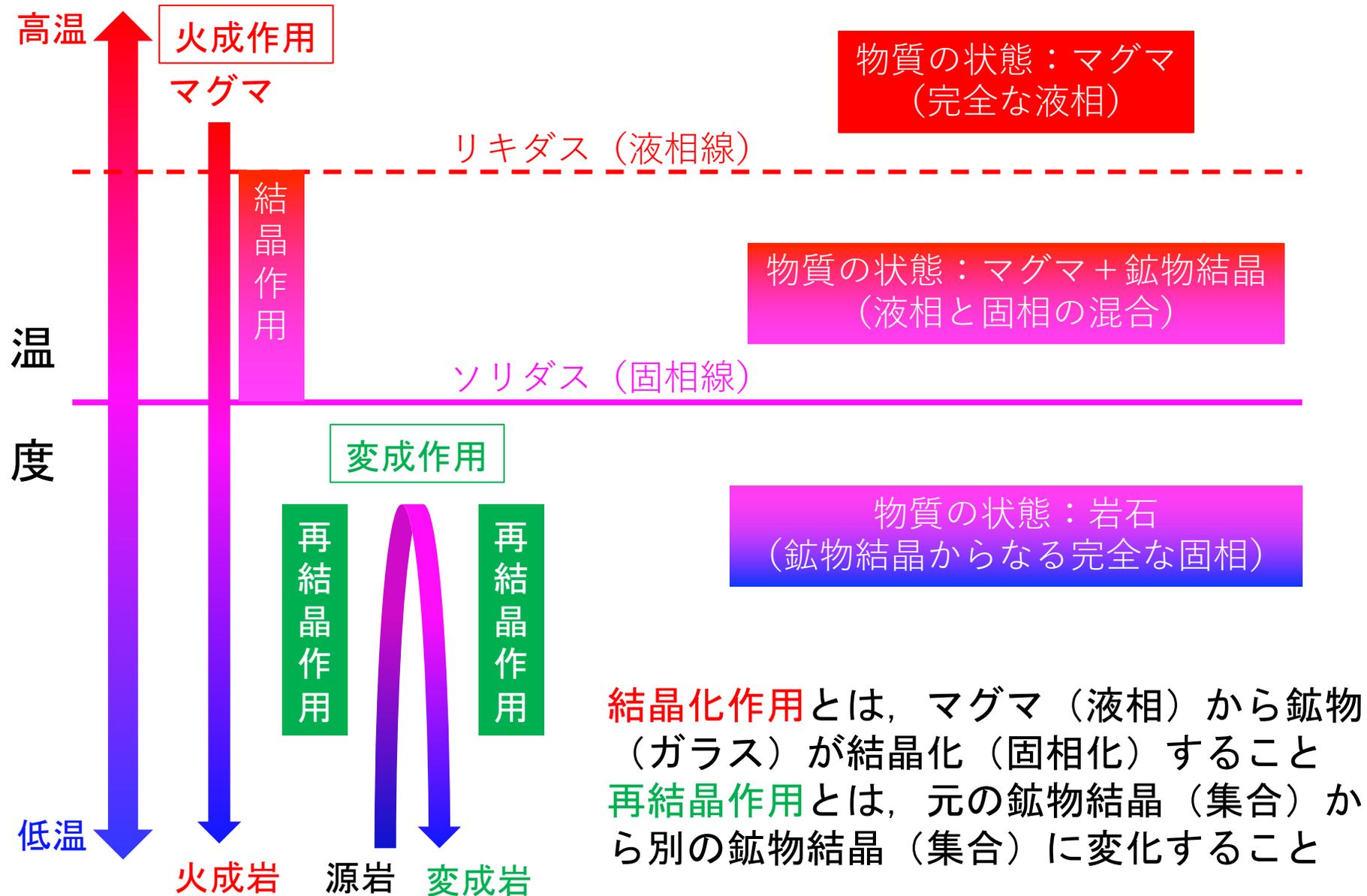
1862年 B. von Cotta

による提案

岩石学で扱う岩石は
主に火成岩と変成岩

- 火成岩 (Igneous Rock)
 - マグマが固結して形成された岩石
火成作用 (Igneous Process)
- 堆積岩 (Sedimentary Rock)
 - 既存の岩石が地表付近で破砕・分解 (風化作用, Weathering) されて, 水中または空気中で堆積 (堆積作用, Sedimentation) して固化する (続成作用, Diagenesis) した岩石 (cf. 未固化の状態を地層という)
 - 続成作用: 凝固や弱い再結晶作用. 地表付近の低い温度・圧力条件下で安定な粘土鉱物や炭酸塩鉱物を含む
- 変成岩 (Metamorphic Rock)
 - 源岩 (火成岩や堆積岩, 場合によっては変成岩も含まれる) が地下深部でそれが形成された温度・圧力条件とは異なる条件下で鉱物や組織を変化させて形成された岩石 (変成作用, Metamorphism)
 - cf. 変質作用 (Alteration): 広義には岩石・鉱物の任意の鉱物学的変化のこと. 狭義には局所的な熱水作用や地表付近の風化作用でおこる鉱物学的変化のことで化学的風化作用 (Chemical weathering) ともいう.

火成岩と変成岩は似てなくて似てる



火成岩と変成岩

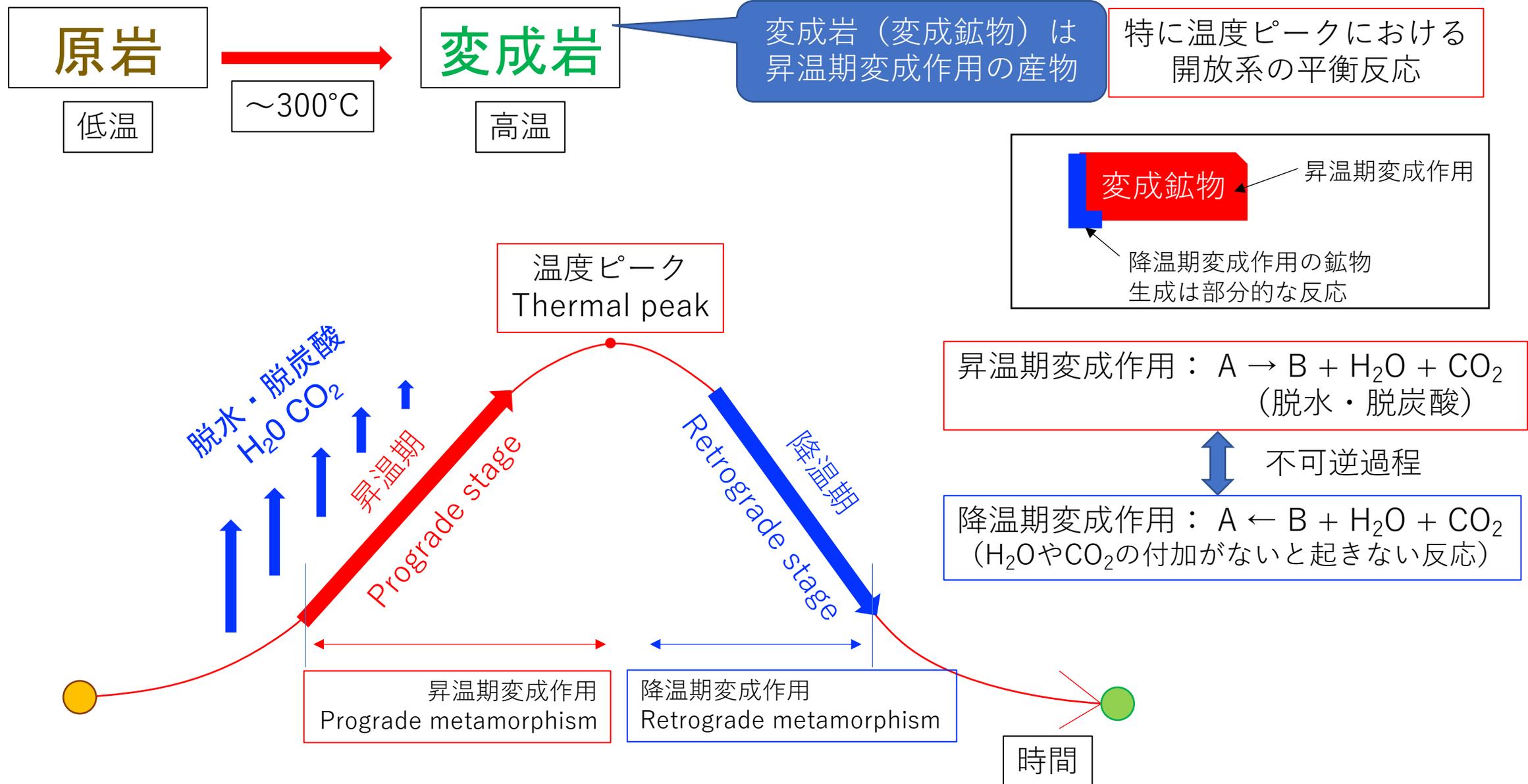
火成作用と変成作用

結晶作用と再結晶作用 Crystallization Re-crystallization

マグマから岩石と岩石から岩石

岩石（火成岩・変成岩）は、ある温度・圧力条件下において、その岩石に含まれる全ての化学組成（全岩化学組成という）がその条件下で安定に存在できる化合物（鉱物集合体）として形成される。この岩石形成は、熱力学的な化学平衡論によって説明される。基本的にはギブスの自由エネルギーの小さい鉱物集合に変化する。（岩石学の講義内で解説）

変成作用と温度履歴との関係



変成作用の地質学的分類

要因：温度・圧力・応力・歪・化学反応・流体・メルト

地質学的過程（反応時間，反応範囲）



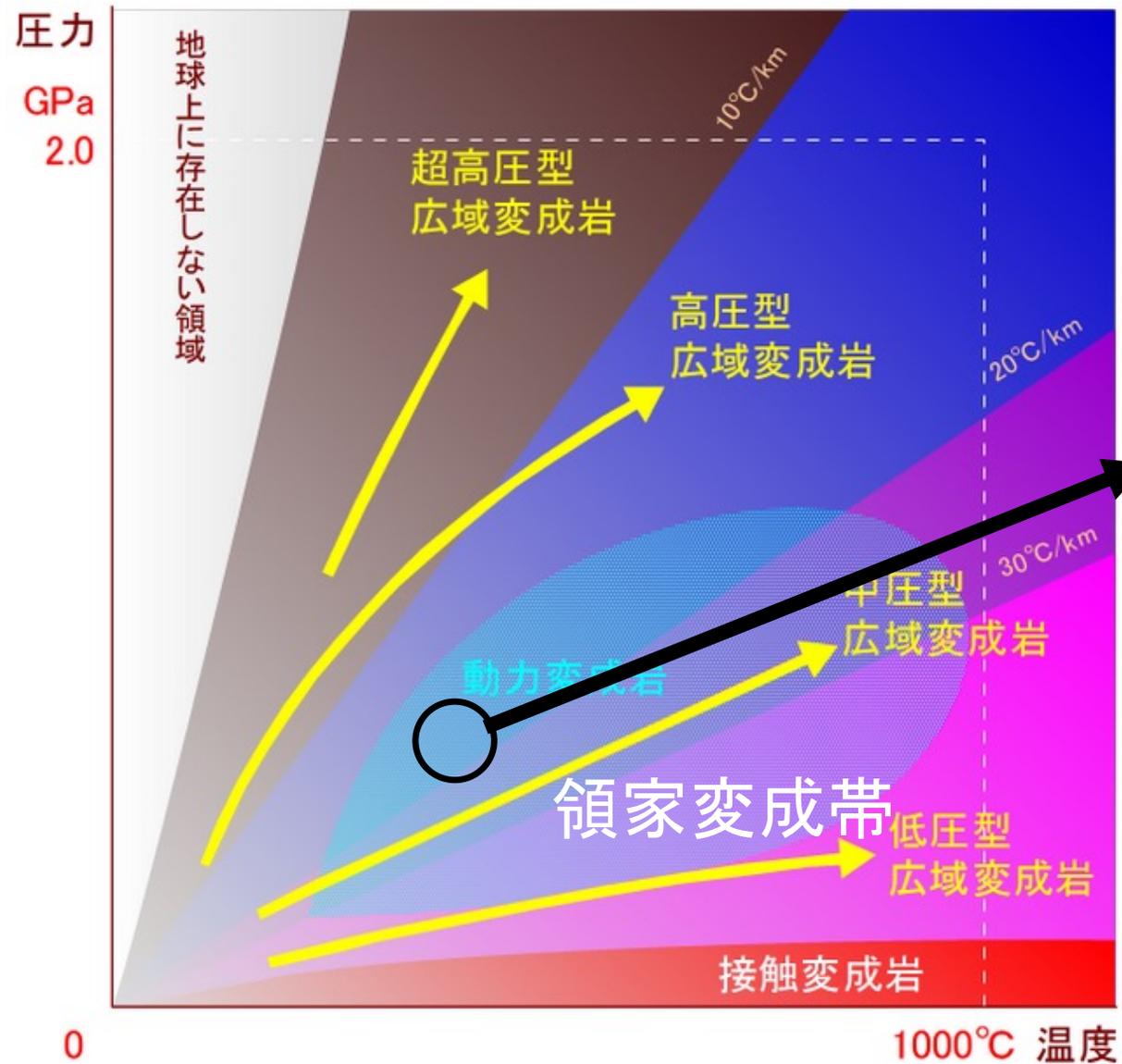
広域変成作用

地球内部の**広域的な温度構造**を反映して進行している変成作用

広範囲→**広域変成岩**→**広域変成帯**（三波川帯，領家帯）
（比較的**長い**間）

変形作用の影響が大きい→結晶片岩，片麻岩

三波川変成帯



三波川変成岩類



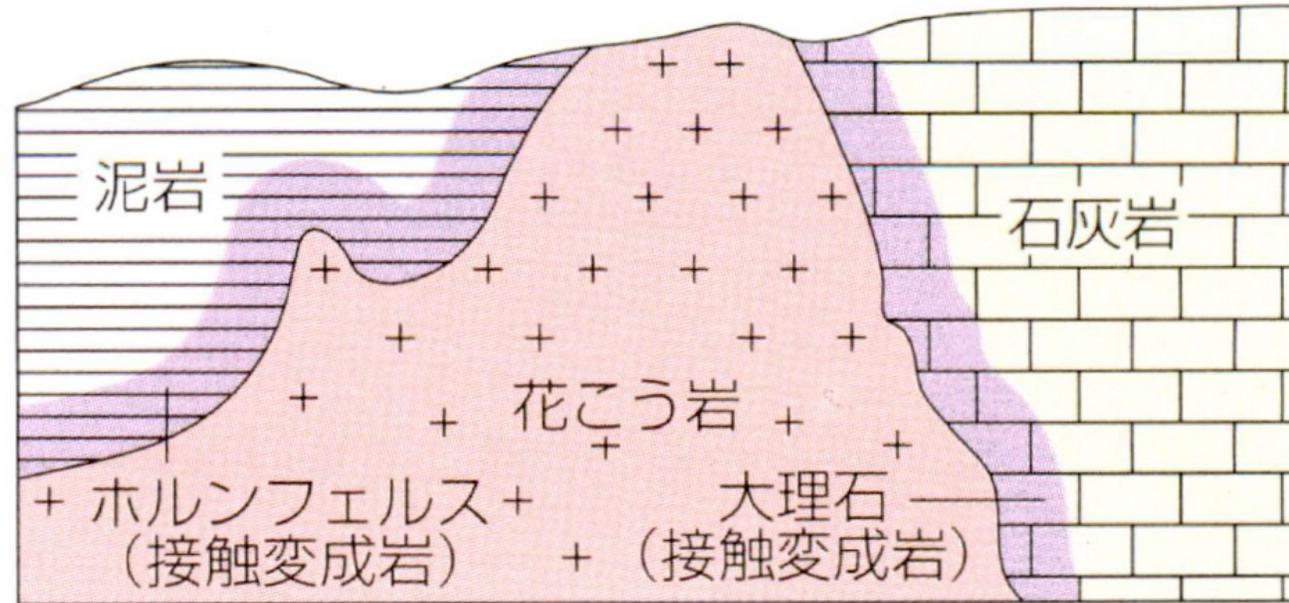
接触変成作用

マグマ（深成岩体）が地下深部に貫入することによって、**周囲の岩石**がほぼ等圧的に加熱されて再結晶作用がおきる変成作用

局所的→**接触**変成岩→接触変成域
（数km以内）

比較的**短**時間（深成岩が周囲と同程度まで冷えるまで）
変形作用の影響はほとんどない→**ホルンフェルス**、**大理石**
（細粒・緻密）

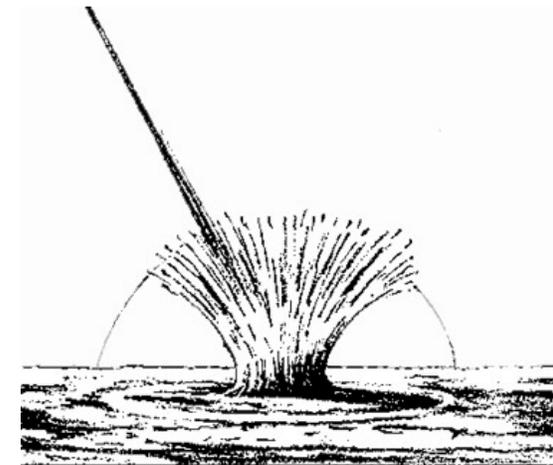
② マグマの貫入と接触変成岩



マグマが地層に貫入すると、周囲の地層はその熱の作用により、再結晶を主とする**接触変成作用**を受ける。底盤をつくる花こう岩の貫入によって生じる変成帯の長さは数km～数百kmにもおよび、花こう岩の近くほど変成度が高い累帯構造をつくる。

衝撃変成作用

隕石の落下によって，地表が局所的短時間に
超高压超高温状態で再結晶作用が進行する変成作用



<http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/epacs/museum/2a02.htm> 2022/09/14

限定的・局所的・超短時間

石英→コース石，石墨→ダイヤモンド

カンラン石→ブジッジマナイト

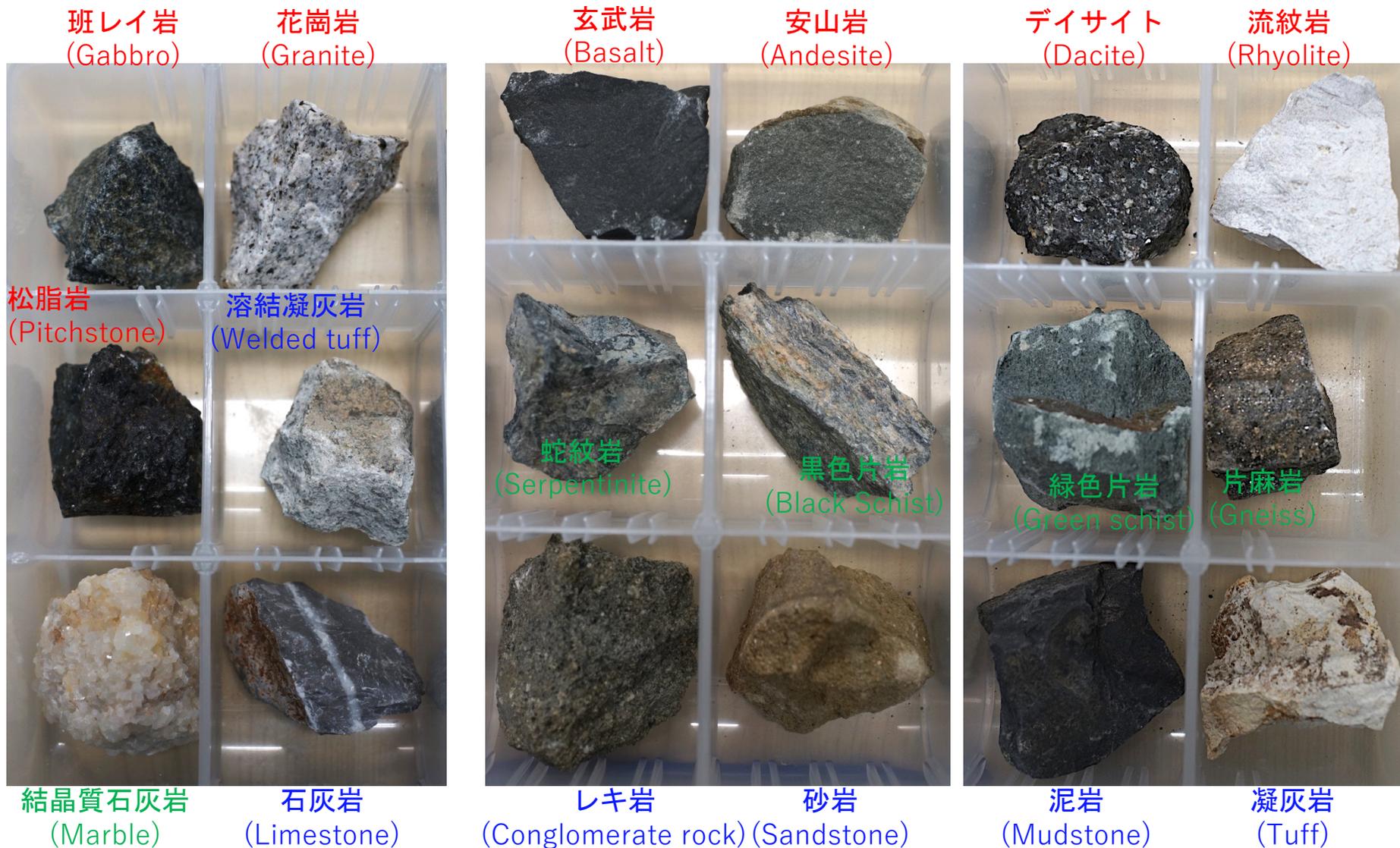
激しい変形作用→特徴的組織

(シャッターコーンなど)



神奈川県立生命の星地球博物館
<http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/epacs/museum/2a02.htm> 2022/09/14

岩石標本（鳳来寺山自然科学博物館）



変成作用と再結晶作用

変成作用は、本質的に**固体の岩石内**でおこる化学反応
少量の流体（やメルト）を含む

原岩 (Protolith)

例) 火成岩
堆積岩
元の変成岩



再結晶作用
(固体-固体反応)

変成岩 (Metamorphic Rock)

新しい鉱物 (変成鉱物) の組み合わせ
新しい**組織** (構造)

泥岩



黒色片岩 (鉱物も組織も変化)

石灰岩



結晶質石灰岩 (**大理石**)

(鉱物は変化しない, 粗粒化)

変成岩：メタベイサイト Metabasite

玄武岩・ハンレイ岩

塩基性(Basic)苦鉄質(Mafic)



変成作用

塩基性変成岩

(メタベイサイト)

メタベイサイトに含まれる岩石

緑色岩， 緑色片岩， 角閃岩， 青色片岩， エクロジヤイト

CaOが多い（原岩に斜長石や輝石を多く含む）

CaOを含む変成鉱物： 角閃石， 輝石， 斜長石， 緑簾石， 十字石

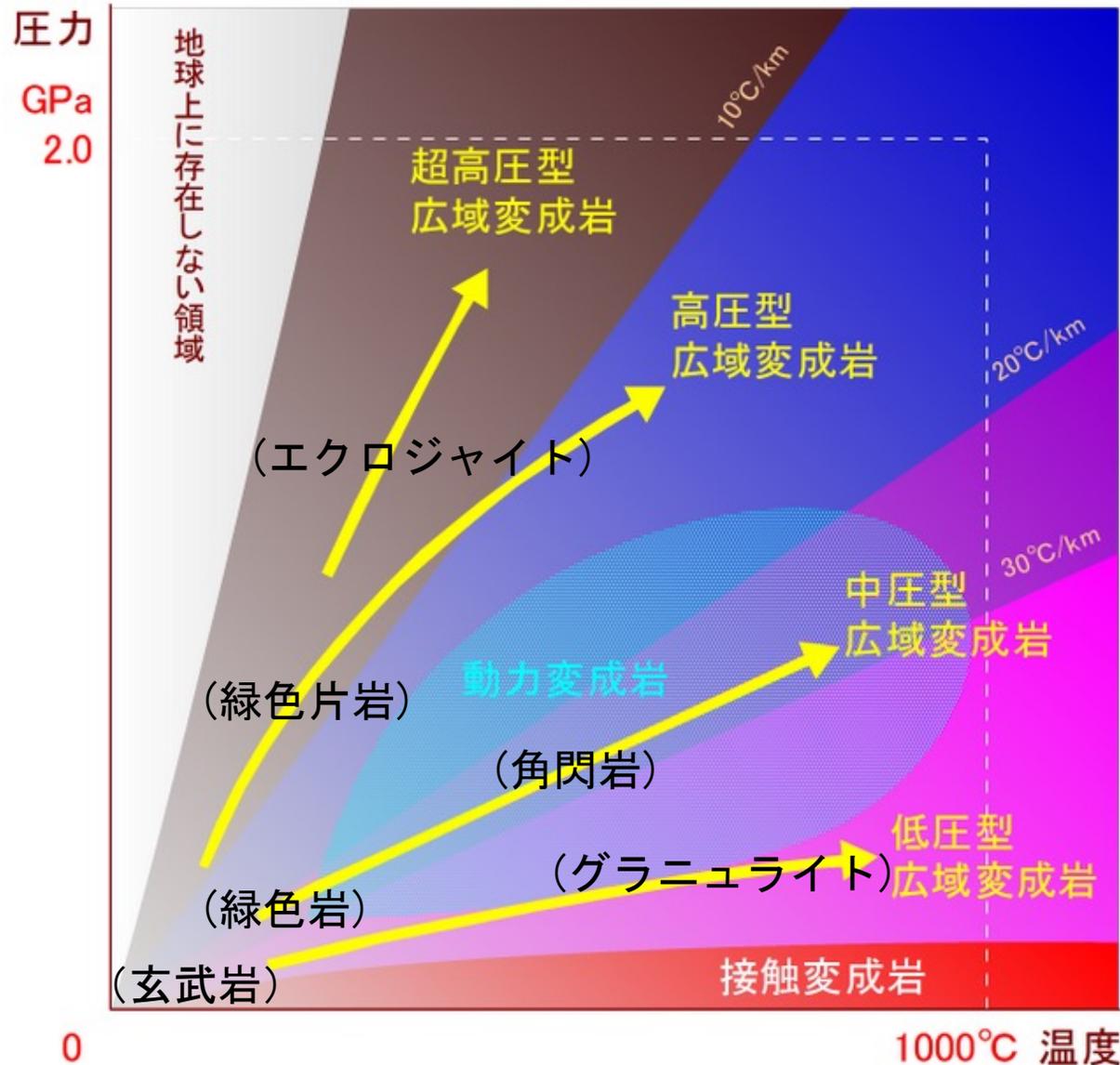
CaOを含まない変成鉱物： 緑泥石， 藍閃石， ザクロ石

温度圧力条件によって鉱物組み合わせが多様に変化する

温度圧力の指標として有用な変成岩である。 変成相の基本的定義。

変成岩岩石学者は
メタベイサイトが
大好き

変成条件におけるメタベイサイトの名称



4つの**広域変成岩**系列と**接触変成岩**のおおよその変成（温度・圧力）条件を色分けして示す。

動力変成岩は変成岩の組織構造によって付けられる呼び方なので参考程度でよい。

（例）源岩を玄武岩として、それぞれの変成作用によって形成される変成岩の名前をカッコ内に記す。

変成岩：泥質変成岩 Metapelite

泥質堆積岩
泥岩，頁岩



変成作用

泥質変成岩

泥質変成岩に含まれる岩石

粘板岩，黒色片岩，片麻岩，グラニュライトなど

白雲母・黒雲母に富む（原岩に粘土鉱物を多く含む）

炭質物(C)の量は還元反応に影響する

Al₂O₃を含みK₂O, Na₂Oを含まない鉱物：

藍晶石，紅柱石，珪線石，十字石，クロリトイド，
コーディエライト，ザクロ石，緑泥石

代表的な粘土鉱物

カオリナイト（多量のAl₂O₃）

スメクタイト（少量のK₂O）

イライト（Na₂O, CaOに乏しい）

温度圧力条件によって鉱物組み合わせが多様に変化する
温度圧力の指標として有用な変成岩である。

変成岩岩石学者は
泥質変成岩も好き

変成岩：石灰質変成岩 Calc-metamorphic rock

石灰岩

サンゴ礁



変成作用

石灰質変成岩

結晶質石灰岩（大理石）

泥質変成岩に含まれる主な鉱物

方解石 CaCO_3

（変成作用の広い温度圧力条件で安定で変化しない）

その他の鉱物

ドロマイト，石英，粘土鉱物，炭質物

変成作用の温度圧力条件によって CO_2 が放出されて

周囲の流体の化学組成に影響を与える。

変成岩岩石学者は大理石があると目を輝かせる

変成岩：石英長石質（珪長質）変成岩

チャート

石英に富む砂岩



石英長石を主とする変成岩

珪長質な火成岩

変成作用

変成作用を受けても化学組成が偏っているために
鉱物組み合わせはほとんど変化しない

変成岩岩石学者はこの変成岩をほぼ無視する

変成岩：超塩基性変成岩≡超苦鉄質変成岩

塩基性と苦鉄質はほぼ同義語だが、厳密には異なる

カンラン岩



変成作用

吸水反応
降温期変成作用

蛇紋岩



変成作用

脱水反応
昇温期変成作用

変カンラン岩

変カンラン石
(化学組成は元の
カンラン岩の
カンラン石とは
異なる)

カンラン石
直方輝石
単斜輝石

斜長石
または
スピネル
または
ザクロ石

蛇紋石
(クリソタイル, リザダイト, アンチゴライト)
緑泥石
滑石 (タルク)
Ca角閃石
磁鉄鉱

変成岩岩石学者はこの変成岩をほぼ無視するが、蛇紋岩研究は日進月歩で進む。大ブームな蛇紋岩