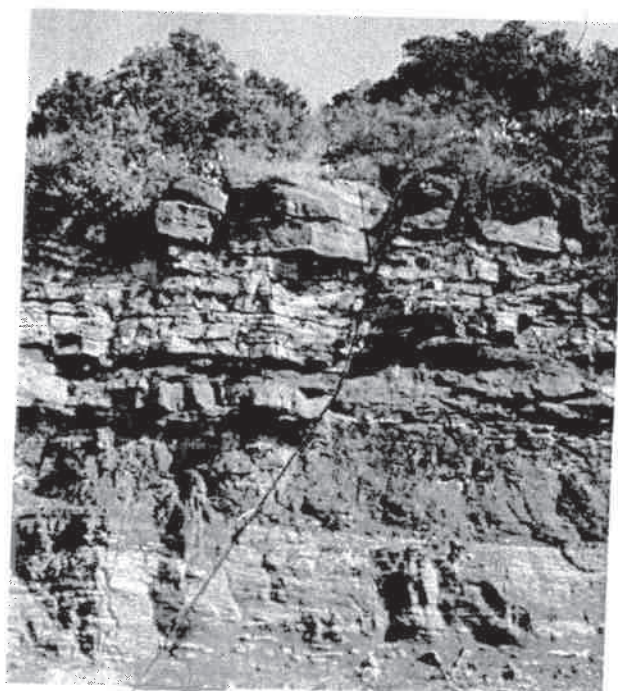


Reparatieopdracht Deformatie en metamorfose van de korst

Maandag 27 februari 2012, 17:00-20:00, Educatorium-Gamma

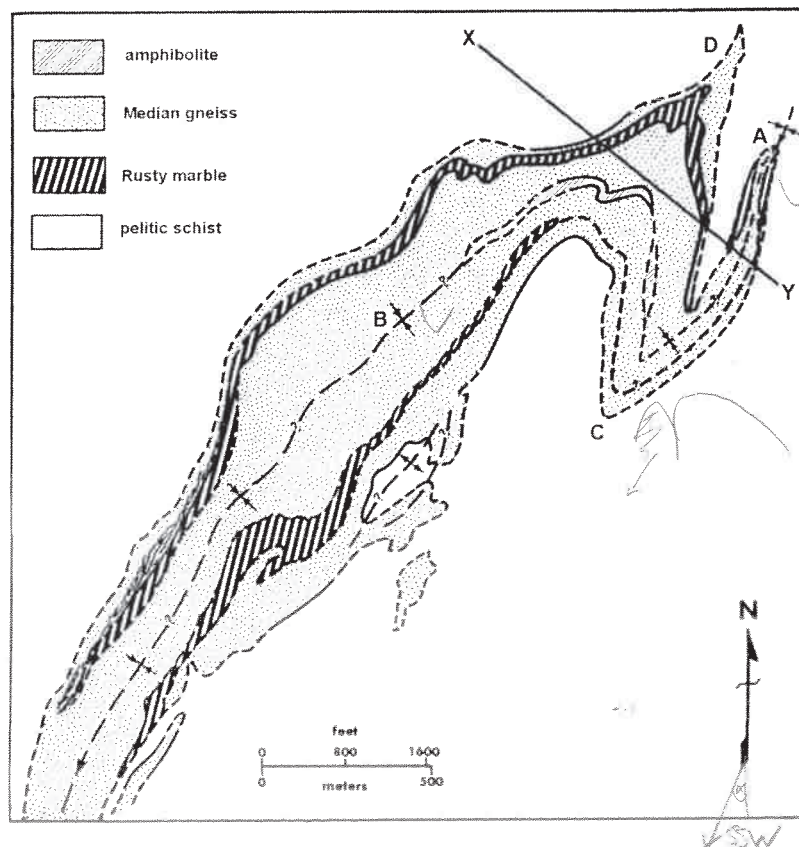
- Voorzie elk ingeleverd vel papier van Uw duidelijk leesbaar geschreven naam.
- Voor elke vraag levert een geheel goed antwoord 10 uit 100 pt op, met uitzondering van vraag 2 die maximaal 15 pt, en vraag 4 die maximaal 5 pt oplevert.
- *Maak de vragen 1-6 over het deformatie gedeelte, en 7-10 over het metamorfose gedeelte, op aparte vellen papier.*
- **Suggestie: lees vóór het inleveren Uw tekst na; antwoorden in de vorm van onbeargumenteerde “losse kreten” worden niet gehonoreerd.**

-
1. Omschrijf kort en zakelijk de betekenis van de volgende begrippen:
 - a. deviatorische spanning
 - b. pseudotachylite
 - c. branch line
 - d. vergentie
 - e. intersectie lineatie
 2. Onderstaande afbeelding toont een afschuivingsbreuk in een pakket kleiige en daarop liggende zandige gesteenten, waarlangs de gesteenten circa 1.5 meter verzet worden. De ontsluiting is zo gefotografeerd dat in de afbeelding de ware helling en de ware verplaatsing van de breuk te zien is.
 - a. Geef een *verklaring* voor het feit dat de meeste afschuivingsbreuken aan het aardoppervlak een helling van circa 60° vertonen.
 - b. Bepaal, gebruikmakend van de stand van de breuk in de onderste helft van de ontsluiting, met een Mohr cirkel constructie de coëfficiënt van interne frictie voor deze gesteenten.
 - c. Laboratorium experimenten met deze gesteenten geven een waarde voor de sterkte (cohesie) van 25 MPa. Indien de kleinste hoofdnormalspanning σ_3 tijdens het breken 50 Mpa bedraagt, hoe groot is dan de grootste hoofdnormalspanning σ_1 ?



57°

3. Geef structurele criteria waarmee men in een ductiele shear zone de bewegingszin kan bepalen, en geef voor elk criterium met duidelijke schetsen aan hoe de gegeven structuren wijzen op die bewegingszin.
4. De twee hoofdmechanismen van plooiing (flexural slip en buigplooiing), leiden beiden tot concentrische plooi profielen. Geef een mogelijke *verklaring* voor het ontstaan van (in de natuur vaak voorkomende) meer gelijkvormig type plooiën.
5. Bijgaande geologische kaart toont de structuur van een Precambrisch basement terrein in New York, USA. De structuur wordt gedomineerd door de Balmat Edwards syncline, onder andere goed ontsloten bij locaties A en B. Het terrein heeft een verwaarloosbaar reliëf. De gesteenten in dit gebied hebben twee fasen van plooiing meegemaakt. Hierdoor zijn er twee foliaties ontwikkeld, eerst een (oudste) schistositeit, en vervolgens een (jongere) crenulatie splijting.
 - a. Welk type foliatie verwacht je als assenvlaksstructuur in de syncline van locatie A, *en waarom?*
 - b. Welk type foliatie verwacht je als assenvlaksstructuur in de plooï van locatie C, *en waarom?*
 - c. De plooïstructuur bij locatie A is een licht SSW duikende syncline met steil staand assenvlak; het assenvlak van de syncline in locatie B staat eveneens steil. De plooïstructuur bij C is een een licht SSW duikende antiform met een assenvlak dat ruwweg 45° naar het WNW helt. Schets de structuur in een profiel van X naar Y (ook doortekenen boven het erosieoppervlak!)



6. Beschrijf en teken de stratigrafische opbouw van een standaard ofiolietsectie, en beschrijf hoe de verschillende componenten van zo'n ofiolietsectie ontstaan als gevolg van processen in en op een mid-oceanische rug.

7. Give short answers to the following questions;

a. Draw a pressure (P) -temperature (T) diagram showing the conditions of the main metamorphic facies.

b. The figure shows a map of the regional paired metamorphic belts in Japan

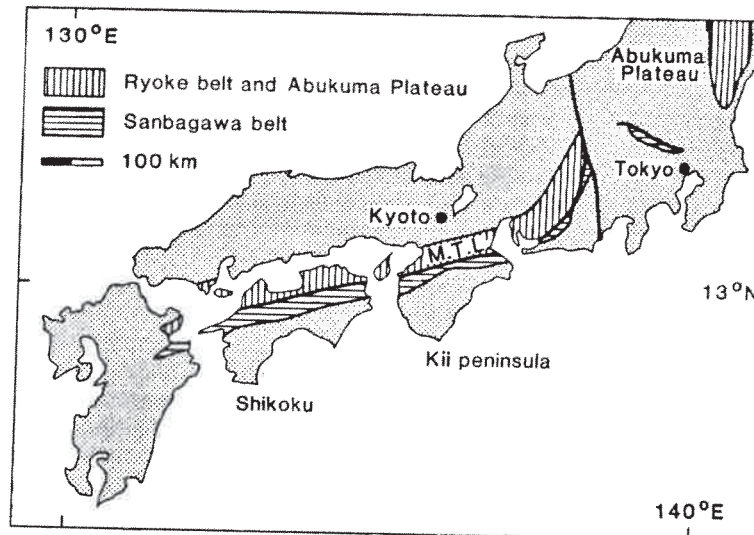


Fig. 7.1 Map of south-western Japan, showing Ryoke and Sanbagawa belts separated by the Median Tectonic Line (M.T.L.), and the Abukuma Plateau.

Both metamorphic belts were formed during the Jurassic to Cretaceous. The Sanbagawa belt has glaucophane and eclogite metamorphic zones. The Ryoke belt has biotite, andalusite and sillimanite metamorphic zones.

Draw a PT diagram showing the stability fields of the Al_2SiO_5 polymorphs minerals, the amphibole glaucophane and the pyroxene omphacite and draw the metamorphic field gradients for the Ryoke and Sanbagawa belts.

c. In what tectonic environment the Ryoke and Sanbagawa metamorphic belts formed?

8. a. Describe how the processes of crustal thickening followed by erosion can produce regional metamorphic rocks.

b. Draw a diagram showing the PT path produced by crustal thickening and erosion.

c. Why does the main metamorphic mineral assemblage form close to the peak temperature along the PT path?

d. What type of metamorphic field gradient is produced by crustal thickening?

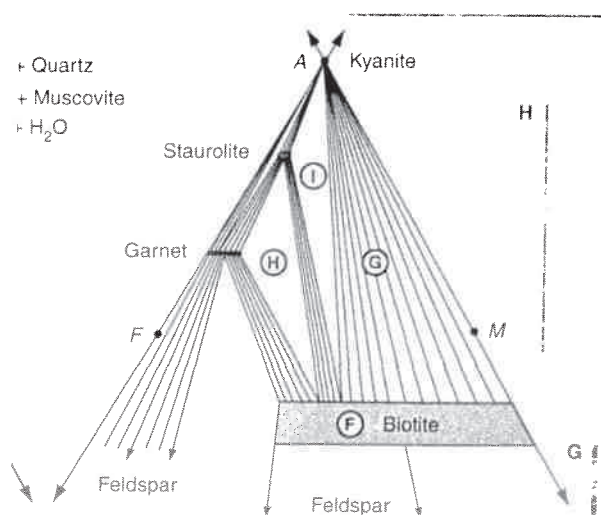
9. a. When a porphyroblast grows in a metamorphic rock it will grow over any foliations in the rock and the foliation will be preserved as lines of mineral inclusions in the porphyroblast. The timing of porphyroblast growth can be established from the geometry of the internal foliation and the foliation in the matrix of the rock.

The image below shows a garnet porphyroblast. What is the timing of mineral growth with respect to the deformation history?



b. In the Pyrenees the “sillimanite in” isograd is associated with the overall reaction of andalusite to sillimanite. In detail the reaction is more complex. Andalusite (Al_2SiO_5) reacts with surrounding quartz (SiO_2) grains to form new muscovite grains ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) while old muscovite grains break down to form new quartz and sillimanite (Al_2SiO_5). Explain why the reaction occurs in this more complex way rather than the simple transformation of andalusite grains into sillimanite grains.

c. The figure shows an AFM diagram for the kyanite metamorphic zone in NE Scotland. What porphyroblast minerals will occur in rocks with composition I, H, G and F?



10. Mineral assemblages in metamorphosed sediments can be analysed using the AKF diagram where we consider the rock to be made up of three significant chemical components Al_2O_3 , K_2O and $F = (\text{FeO} + \text{MgO})$ or the AFM diagram if MgO and FeO behave as separate chemical components.

In NE Scotland the following outcrops of metamorphosed sediments occur. The sediments contain layers with two different bulk rock compositions, sandstones and mudstones.

Outcrop 1: mudstones and sandstones, K-feldspar + muscovite + chlorite.

Outcrop 2: mudstones, muscovite + biotite + chlorite; sandstones, K-feldspar + muscovite + biotite.

Outcrop 3: mudstone 1, muscovite + biotite + garnet + chlorite; mudstone 2, biotite + chlorite + muscovite; sandstone, K-feldspar + muscovite + biotite.

a. Construct AKF diagrams for outcrop 1 and 2.

Mineral compositions: chlorite $(\text{MgFe})_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$; biotite $\text{K}(\text{MgFe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$; muscovite $\text{KA l}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$; K-feldspar $\text{KA lSi}_3\text{O}_8$;

b. What reaction can explain the changes in minerals between outcrops 1 and 2?

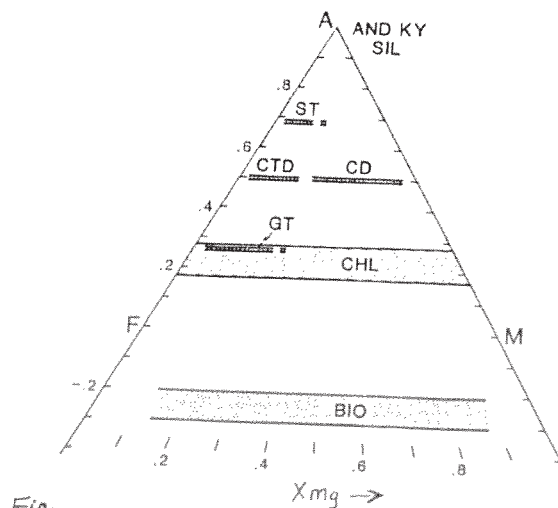
c. Describe the mineral changes that occur along the isograd separating these outcrops.

d. Construct an AFM diagram for outcrop 3 using the figure below. Note that the mineral positions on the diagram are fixed by the value of X_{Mg} , which is the ratio of $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ in the mineral formula.

Mineral compositions:

mudstone 1, chlorite $\text{Mg}_4\text{FeAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$; biotite $\text{KMg}_2\text{FeAlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$; garnet $\text{Fe}_2\text{MgAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})_2$;

mudstone 2, chlorite $\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$; biotite $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$;



GT = garnet, CHL = chlorite, BIO = biotite.

e. What mineral assemblage would occur in mudstone that contains no MgO in outcrop 3?