

전자현미경을 이용한 알칼리 장석의 미세구조 및 미세화학 연구

김 윤 중, 이 석 훈

기초과학지원연구소 중앙분석기기부

장석은 자연산에서 가장 널리 산출되는 광물로 무기재료의 원료로서 중요할 뿐만 아니라 과거의 지구환경을 연구하는데도 중요하다. 다양한 종류의 자연산 알칼리 장석($(K,Na)AlSi_3O_8$)의 미세구조 및 미세화학을 전자현미분석기(EPMA)와 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 분석하였다.

두 단성분인 K-장석과 Na-장석은 각각 특징적인 twin을 갖는데, 전자의 경우를 microcline twin(Fig. 1)이라하고 후자의 경우를 albite twin(Fig. 2)이라 한다. 이들의 생성은 고온상태에서 냉각될 때 수반되는 상변이 및 외부의 stress과 관련된 장석 내부의 strain과 밀접한 관계가 있다. Furnace를 이용해 고온에서 annealing한 K-장석과 Na-장석은 결정내부의 Al과 Si의 재배열이 주는 영향과, 시료의 급격한 냉각과정에 수반되는 격자의 찌그러짐에서 기인된 lattice strain 때문에 형성되었다고 보는 tweed microstructure를 특징적으로 보여준다.

K-장석과 Na-장석이 혼재해 있는 경우는 고온에서 고용체를 형성하다가 온도가 내려감에 따라 상분리가 일어난다. 상분리와 수반되는 구조적인 상전이, Al과 Si의 재배열, 상분리 후의 coarsening 및 fluid의 유입, 풍화등으로, 실제 자연산 알칼리 장석은 매우 복잡하고 다양한 규모와 형태의 미세구조를 보인다. 이러한 미세구조의 복잡성 때문에 알칼리 장석의 미세화학을 정량적으로 밝히기는 어렵다. 고온 알칼리 장석의 일종인 anorthoclase 시료는 EPMA 분석에서 상분리의 초기 단계에 해당하는 미세구조를 보이는데, 즉 K-성분이 우세한 상과 Na-성분이 우세한 상이 물결 모양으로 교호하여 나타난다. 미세구조 및 열역학적인 고찰에서 볼 때 이는 spinodal decomposition의 좋은 예로 판단된다. 저온 알칼리 장석의 일종인 antiperthite는 이러한 상분리가 진행되어, 단성분에 가까운 Na-장석이 주종을 이루는 가운데 단성분에 가까운 K-장석이 협재하는 미세구조를 TEM 상에서 보인다(Fig. 2) 이 그림에서처럼 상분리된 Na-장석은 항상 albite twin을 갖는데, 인접한 K-장석과의 strain을 최소화하기 위한 지그재그 형태의 계면구조를 취하는 것이 특징적이다.

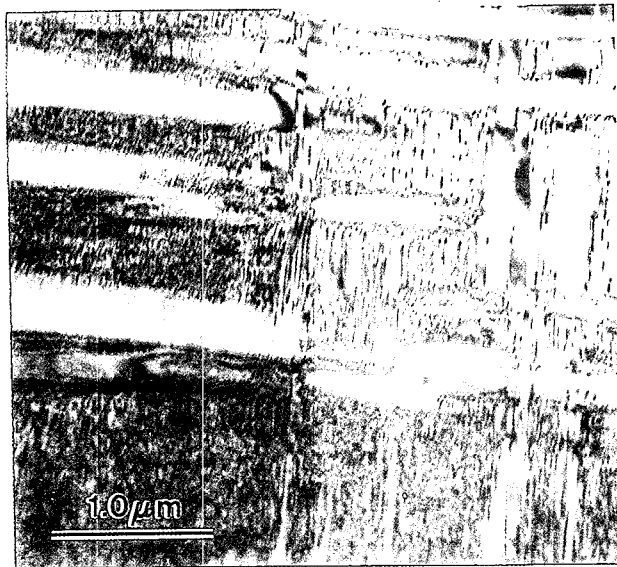


Fig. 1. A TEM bright field image of a low-temperature K-feldspar, microcline (KAlSi_3O_8). The characteristic twin (so-called "M-twinning") is known to originate from the monoclinic to triclinic phase change.

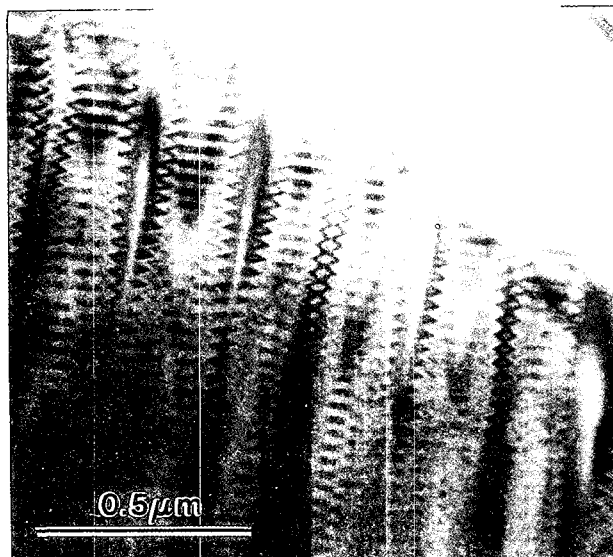


Fig. 2. A TEM bright field image of a low-temperature alkali feldspar, antiperthite $\{(\text{Na,K})\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$. The characteristic albite-twinned Na-feldspar is intergrown with the featureless K-feldspar, forming the zigzag interface.