



東北大学

2011年5月2日

報道機関 各位

東北大学大学院理学研究科

火星起源の隕石中にカンラン石の高圧分解組織を発見

(地球の内部の最も重要な相転移を天然で世界で初めて発見)

<概要>

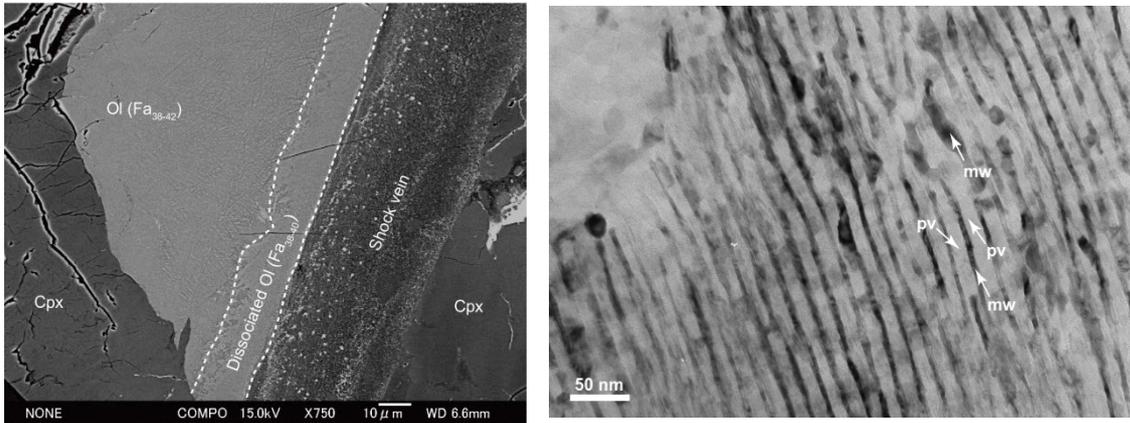
東北大学理学研究科の宮原正明研究員、大谷栄治教授、大学院生小澤信（地球惑星物性学分野）は、茨城大学、バイロイト大学（独）、大型放射光施設（SPring-8）との共同研究として、衝撃を受けた火星起源の隕石（Dar al Gani 735）中に、カンラン石（ $\text{Mg, Fe}_2\text{SiO}_4$ ）が高圧・高温条件で、シリケイトペロブスカイトとマグネシオブスタイトに分解した証拠（図1）を世界で初めて発見しました。

カンラン石は地球や火星のマントルを構成する主要物質です。高圧・高温状態のマントル内部では、カンラン石は、シリケイトペロブスカイトとマグネシオブスタイトの二つの鉱物に分解することは、20年以上前から予測されていました。そして、この分解反応は、地球内部のマントル遷移層と下部マントルを区分する660 kmの地震波不連続面の原因となっている最も重要な相転移です。しかしながら、この相転移は、実験的に調べられたものであり<補足4参照>、自然界でこの相転移反応の証拠はこれまで見出されてきませんでした。今回、我々は、火星のマントルを代表すると考えられる火星起源隕石中の強い衝撃を受け、高い圧力・温度を経験したカンラン石に、高圧・高温下で生じるこの分解の証拠を、世界で初めて見出しました。今回の発見は、透過型電子顕微鏡や集束イオンビーム加工装置といった東北大学に設置されているナノテク機器を駆使して隕石を調べたことで明らかとなりました。この研究成果は、米国科学アカデミー紀要版（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）に掲載されました。5月22日～27日に幕張で開催される日本地球惑星科学連合2011年大会（幕張メッセ）で詳細な報告がなされることになっています。

発表論文

- [1] M. Miyahara, E. Ohtani, S. Ozawa, M. Kimura, A. El Goresy, T. Sakai, T. Nagase, K. Hiraga, N. Hirao and Y. Ohishi. (2011) Natural dissociation of olivine to (Mg,Fe)SiO₃-perovskite and magnesiowüstite in a shocked Martian meteorite. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America, 108, 5999-6003

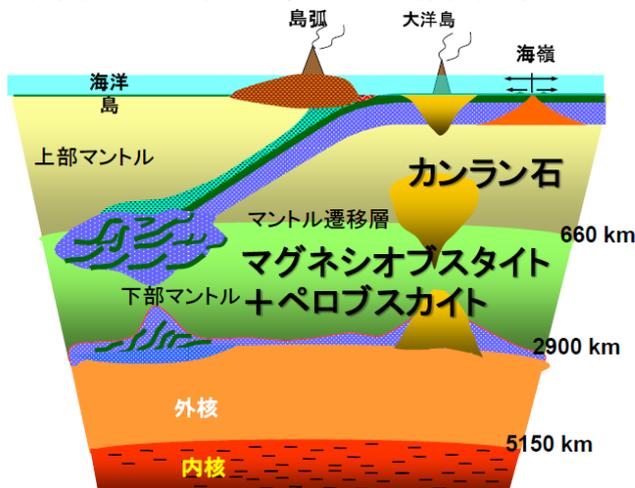
図1. カンラン石がシリケイトペロブスカイト (pv) とマグネシオブスタイト (mw) に分解したもの。左図は、走査型電子顕微鏡写真である。白い波線の内部が分解組織が見られる領域であり、衝撃により高圧・高温になった領域に分解組織が認められる。右図は、透過型電子顕微鏡写真。分解して生じたシリケイトペロブスカイトとマグネシオブスタイトの微細組織が認められる。



<研究の背景>

カンラン石の分解：

図2. マントル内部では、マグネシオブスタイトとペロブスカイトは、深さ660km以深の下部マントルに存在する。



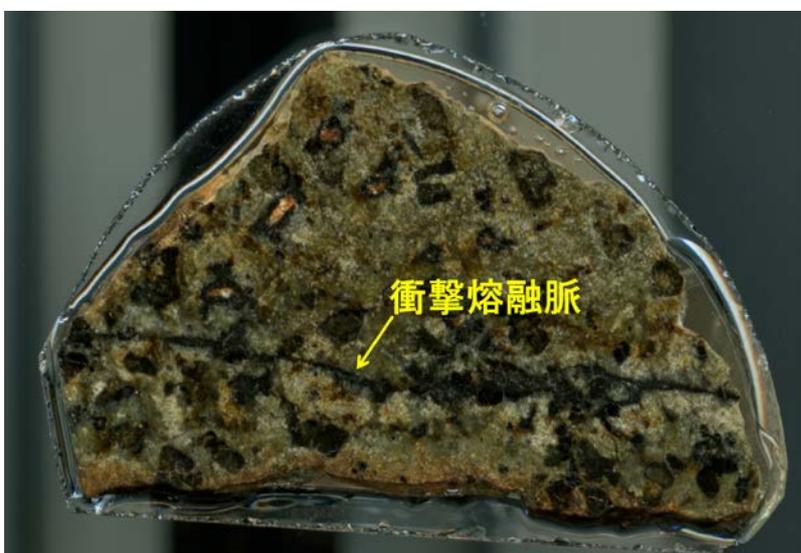
カンラン石は地球や地球型惑星（火星等）のマントルを構成する主要鉱物です。カンラン石が高圧・高温状態におかれると、スピネル構造になり、さらに約 25 万気圧以上の高圧条件で、シリケイトペロブスカイトとマグネシオブスタイトに分解することが高圧・高温実験や理論計算から予測されていました。

この分解反応は地球内部（およそ地下 660 km）で起きていると予想されており、これが深さ 660km の地震波不連続面の原因と考えられています。また、冷たい沈み込むプレート内部では、カンラン石が直接これらの鉱物に分解します(図 2)。このためこの反応を天然試料中に探索する試みが多くの研究者によってなされましたが、発見には至っていませんでした。

衝撃を受けた火星隕石：

地球に落下した隕石の中には、他の小天体の激突により、火星から弾き飛ばされ、地球に落下した火星に起源をもつ隕石が幾つかあります。これらを火星隕石と呼んでいます。そのような隕石には、小天体衝突時に 25 万気圧を超える高圧状態と高温を経験した可能性があります。そこで、我々は火星隕石の 1 つ、Dar al Gani 735 (図 3) に含まれるカンラン石を透過型電子顕微鏡で注意深く観察したところ、カンラン石がシリケートペロブスカイトとマグネシオブスタイトに分解した証拠を世界で初めて見出しました。また、その分解メカニズムが理論的・実験的に予測されていたものとよく似ていることも明らかとなりました。

図 3. 分解したカンラン石が発見された火星起源隕石 (Dar al Gani 735)。衝撃波溶融脈は、衝突による高温高圧条件で融解した部分です。この脈の内部や近傍において、分解組織が見られました。



〈波及効果と今後の展開〉

この研究によって、火星起源の分解したカンラン石の組織を詳細に調べることによって、火星に衝突した天体の大きさや速度を見積もることも可能となり、火星表面における衝突破壊の様子が明らかになります。さらに、この相転移は衝撃によってのみならず

地球内部の 660km の深さの高圧・高温のもとでも生じる反応であり、沈み込むプレートの大変形やそこで起こる深発地震の発生の謎に迫ることができます。

<補足 1> カンラン石

地球のマントルを構成する主要な鉱物の 1 つ。化学組成は $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ と表せられる。きれいなものは宝石（ペリドット）として利用される。

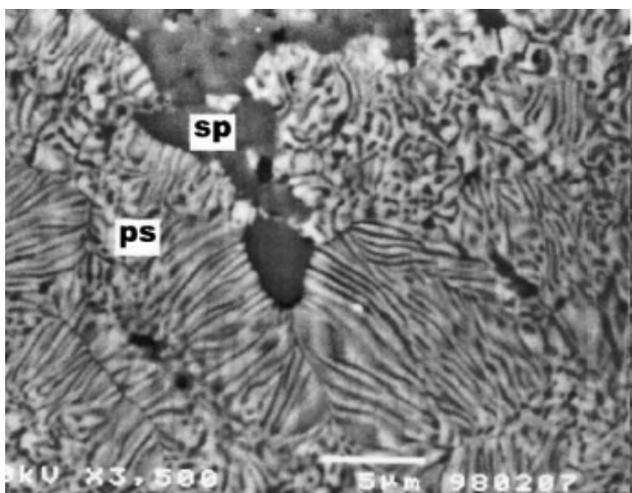
<補足 2> シリケイトペロブスカイト

マグネシオブスタイトと共に地球の下部マントルを構成する主要鉱物である。化学組成は $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ と表せられ、ペロブスカイト $[\text{CaTiO}_3]$ に似た結晶構造をもつ。低圧条件では非常に不安定で、容易にガラス化してしまう。

<補足 3> マグネシオブスタイト

化学組成は $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ で、岩塩 $[\text{NaCl}]$ の結晶構造をもつ。

<補足 4> 高圧・高温実験で再現されたマグネシオブスタイトとシリケイトペロブスカイトの共存組織。今回、天然に発見された組織と同じものである。(Kubo et al., 2002, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 2002, 129, 153-171)



担当者連絡先

東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物性学研究室

研究員 宮原正明 (022-795-6666; miyahara@m.tohoku.ac.jp)

または

教授 大谷栄治 (022-795-6662; ohitani@m.tohoku.ac.jp)

同研究室秘書 高橋陽子 (022-795-6662; ytaka@m.tohoku.ac.jp)