

鉄 酸素系の高温高压実験：「見かけの不混和組織」の成因

High-pressure and high-temperature experiments of the system Fe-FeO: Origin of the apparent immiscible textures

中山 慶介[1], 高橋 栄一[2]

Keisuke Nakayama[1], Eiichi Takahashi[2]

[1] 東工大・理・地惑, [2] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., T.I.Tech., [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

Fe-FeO系の平衡関係を調べるために、15GPaの圧力でFe-FeO系の融解実験を行った。急冷実験では、急冷の間にかかるFeとFeOの離溶のために、実験生成物から直接FeへのFeO溶解度を見積もるのは困難である。本研究では、実験生成物の組織観察を行ない、それぞれの組織の成因を考察し、実験生成物から直接FeO溶解度を見積もることを試みた。その結果、15GPa、2200以上ではFeに20mol.%のFeOが融解すると結論した。この結果は、16GPa、約2100でFe融体とFeO融体が完全に混和すると結論したRingwood and Hibberson (1990)の結果と大きく異なる。

はじめに

地球の外核は、純粋なFeより十数%密度が低いことが地震波の観測などにより分かっており、外核にはFe、Ni以外に多量の軽元素が含まれると考えられている。酸素もその軽元素の候補であり、過去にFe-FeO系の実験的研究が行われている。Ringwood and Hibberson (1990)は、16GPaの圧力についてFe-FeO系の相平衡図を示した。彼らは、実験から直接FeO溶解度を見積もることを試みたが、実験の温度・圧力で一相であった液相が急冷の間に二液相に分離する現象(見かけの不混和)が起き状態分析が困難となるため、液相不混和領域のソルバスを熱力学計算によって求めた。

本研究の目的は、実験生成物から直接FeO溶解度を見積もることである。そのためには、実験生成物の組織を綿密に観察し、それぞれの組織の相図上での振る舞いを理解しなければならない。

実験方法

Ringwood and Hibberson (1990)の結果と比較するために、15GPaの圧力でFe-FeO系の融解実験を行った。出発物質はFeとFeOの混合物を用いた。FeとFeOの混合比は80mol.% Feに対して20mol.% FeOである。実験は東工大のマルチアンビル型高压発生装置SPI-1000を用いて行った。100～150 /分の割合で加熱し、目標の温度で十数秒～数分保持して急冷した。実験の温度範囲は1800～2300である。実験生成物は、東工大のJEOL8800型EPMAを用いて反射電子像を撮った。その反射電子像で、実験生成物の組織観察を行った。

結果

1800の実験生成物ではFeは完全に融解したが、溶け残ったFeOがカプセルの周縁部と中央部に存在する(Fig. 1)。1900以上の実験生成物(Fig. 2, 3, 5)では出発物質のFeもFeOも完全に融解していた。完全に融解した組織は、カプセルの中央部にFeに富んだ相が広く楕円形に存在しており、Feに富んだ相とカプセルの隙間を埋めるようにFeOに富んだ相が存在する。

1900以上の実験生成物の組織は類似している。しかし、2200以上の実験生成物は、急冷以前に均質な液体であったものが、急冷中に二相に分離した『見かけの不混和組織』であり、2100以下の実験生成物は、急冷以前も二液相に分離していた『真の不混和組織』であると考えた。両者のFeOに富んだ相(Fig. 4, 6)を比較すると、その内部に含まれるFeの結晶の大きさが異なる。即ち2100以下の実験生成物(真の不混和組織)では、Fig. 4のように粗粒Feの結晶が含まれるのに対して、2200以上の実験生成物(見かけの不混和組織)では、Fig. 6のように細粒Feの結晶のみが観察される。この違いは、次のような組織の成因によって説明できる。2200以上の実験では実験の温度・圧力で試料が一相に混和しており、急冷中に二相分離が起こる。試料周辺部に観察されるFeOに富んだ相は、Fe融体から分離析出し短時間にカプセル周辺部に集積したものと考えられる。分離集積は急冷時の一秒にも満たぬ時間に起きたため、粗粒Feが成長する時間がなかったのであろう。

以上の観察の結果、15GPa、2200以上ではFeに20mol.%のFeOが融解すると結論した。この結果は、16GPa、約2100でFe融体とFeO融体が完全に混和すると結論したRingwood and Hibberson (1990)の結果と大きく異なる。

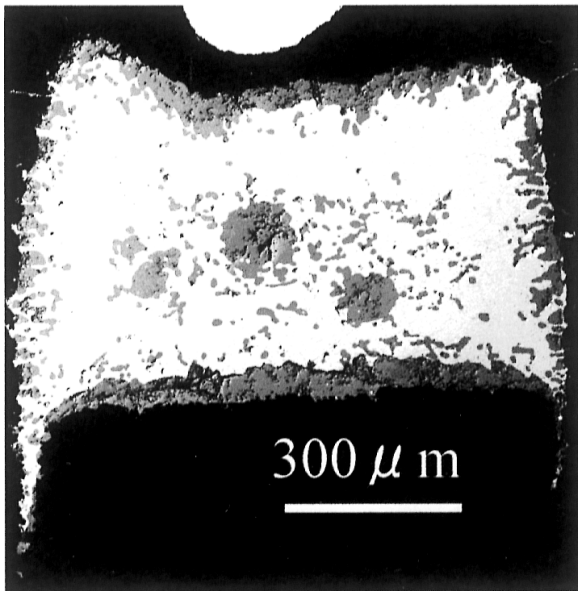


Fig. 1. 1800°C, 15GPa

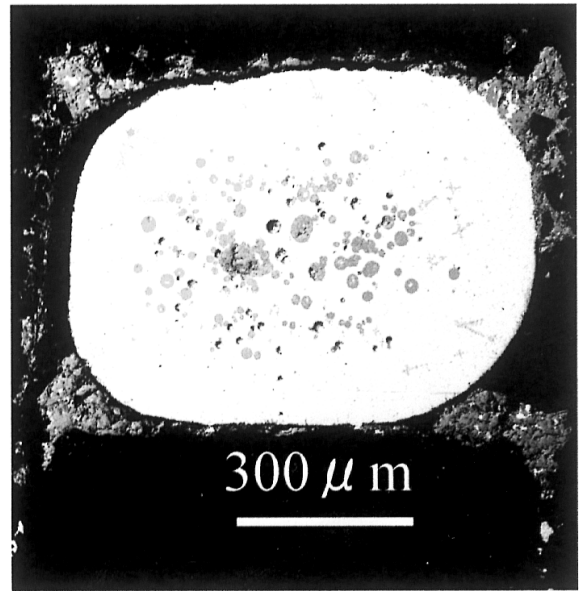


Fig. 2. 1900°C, 15GPa

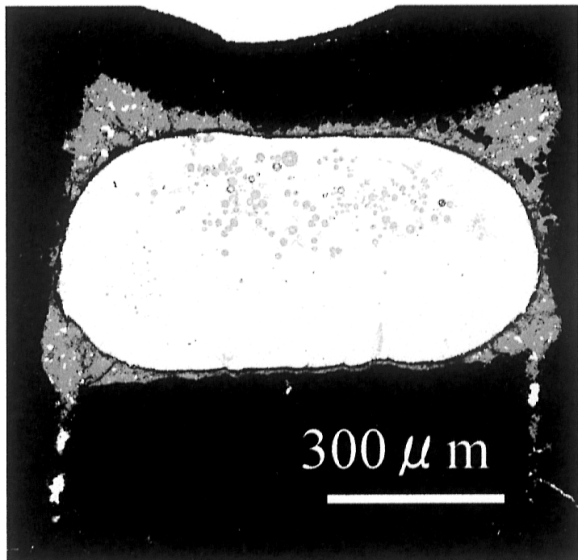


Fig. 3. 2100°C, 15GPa

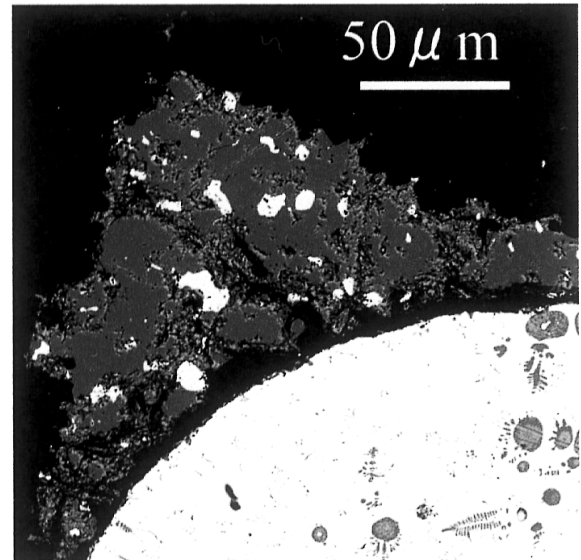


Fig. 4. enlarged Fig. 3

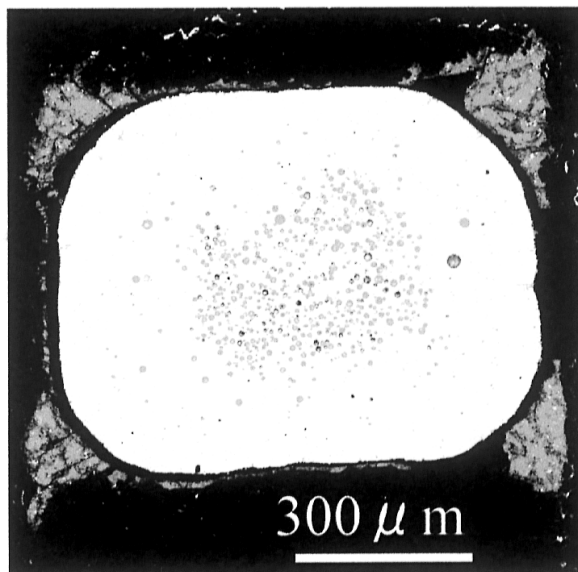


Fig. 5. 2300°C, 15GPa

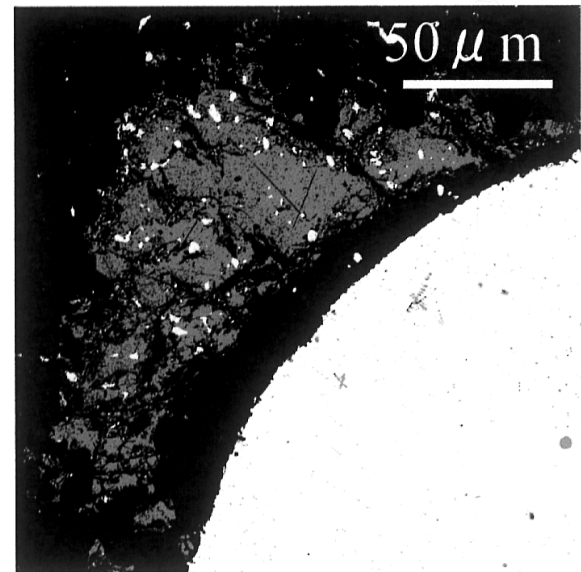


Fig. 6. enlarged Fig. 5