

氏名 桂 智 男

学 位 の 種 類 学 術 博 士

学 位 授 与 番 号 博 甲 第 929 号

学 位 授 与 の 日 付 平 成 3 年 3 月 28 日

学 位 授 与 の 要 件 自 然 科 学 研 究 科 物 質 科 学 専 攻

(学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当)

学 位 論 文 題 目 EXPERIMENTAL STUDY OF THE PHASE RELATIONS IN
THE DEEP MANTLE : THE CHEMICAL AND THERMAL
STRUCTURE AND THE INTERACTION WITH THE ATMOS-
PHERE.(マントル深部の相関係の実験的研究：マントルの化学的・熱的
構造及び気圏との相互作用)論 文 審 査 委 員 教授 松井義人 教授 秋本俊一 教授 日下部 実
教授 古谷洋一郎 教授 脇本和昌

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

第一部。400 km不連続を説明するために、 Mg_2SiO_4 - Fe_2SiO_4 系の α - β - γ 転移の相平衡関係の精密決定を行った。信頼性をあげるために、1変数反応・2変数反応共に正逆実験を行い、微小部解析法を駆使して反応生成物を解析した。得られた相平衡関係から、

1) マントルのかんらん石の相転移は、 $(\alpha) \rightarrow (\alpha + \beta) \rightarrow (\beta) \rightarrow (\beta + \gamma) \rightarrow (\gamma)$ の順に起こる、
2) 転移圧力は温度上昇と共に上昇する。3) $(\alpha + \beta)$ 2相共存域の幅は温度上昇と共に減少する、等が明らかになった。400 km不連続は $(\text{Mg}_{0.89}\text{Fe}_{0.11})_2\text{SiO}_4$ の $(\alpha - \beta)$ 転移によって良く説明される。 $(\alpha - \beta)$ 転移の圧力幅は、400 km不連続が長周期の地震波を良く反射し、短周期の地震波を反射しないことを良く説明する。 $P'400P'$ の存在は、マントル内部に化学的不均一が存在することを示唆する。ある地域に於て $P'650P'$ が観測されないことは、マントルの化学的不均一か、ブルームの存在を示唆する可能性がある。更に、地震波の反射面の深さと、相転移の圧力を比較することによって、マントル遷移層の温度を求めた。深さ650 kmでは約1600℃、深さ400 kmでは約1450℃となり、マントル遷移層の温度勾配はほぼ断熱的である。

第二部。地球表層の炭素は元素存在度などから推定されるより約1桁以上低い。この原因を明らかにするため、モデル CO_2 マントルとして、 MgSiO_3 - MgCO_3 系の相平衡実験を行った。その結果、マントル深部では CO_2 は流体相としては存在できず、マグネサイトと

して安定に保持されるために、地表へ脱ガスしにくいことが明らかになった。更に、沈み込みによって、地表のCO₂がマントル深部へ持ち込まれるか否かを明らかにするため、マントル鉱物と共存するH₂O流体中のCO₂の溶解度を求める方法を開発した。その結果、多量のCO₂がマントル深部へ持ち込まれうることが明らかになった。

論文審査の結果の要旨

本論文は、二部からなり、そのテーマは学位請求者自身の創意によるものである。

第1部においては、Mg₂SiO₄-Fe₂SiO₄系の高圧・高温条件(21GPa, 1900K)における相図の徹底的な検討の結果が提示されている。この結果は、地球マントルの400 km不連続面の本質に対する従来の考えに大きな変更を要求するものであって、このため400 km不連続面の成因の解釈ははるかに定量的かつ説得性の高いものになった。さらに、400 km不連続面と650 km不連続面の地震学的特性の差の原因の説明がはじめて可能になったのみならず、400 km不連続面から650 km不連続面に至る部分の熱的構造の高い精度での推定が可能となった。これに加えてマントル対流の地震学的決定の可能性への道を開いた。この業績は、すでに大部分が公表されている。

第2部においては、地球における炭素の問題が扱われる。地球表層部における炭素の存在度の異常な少なさがまず指摘され、地球内部における炭素の炭酸塩としての存在が想定された。MgSiO₃-MgCO₃系をモデルとした高圧・高温実験(15 GPa, 2400 K)により、以下の事実が明らかになった。

MgSiO₃-MgCO₃系は共融系であって、共融点は圧力上昇とともに高温かつMgSiO₃寄りにシフトする。炭素はこの圧力・温度条件下では流体相を形成しない。したがってMgCO₃はマグネサイトのまま上部マントル条件下で安定である。ダイヤモンドアンビル装置によるより高圧下(55GPaまで)での観察も行われ、55 GPaの圧力においても事態は変化しないことが認められた。これらの結果として、炭素はマントル深部にMgCO₃として蓄積され、保持されているものと推定される。

地表からの炭素の移動とマントルにおけるMgCO₃としての蓄積の仮説を支持するためMgO-SiO₂-CO₂-H₂O系におけるH₂Oを主とする流体相中へのCO₂の溶解度の測定のための新しい実験が行われ、6 GPa, 1400 KでのH₂O流体中のCO₂溶解度はたかだか25モル%と推定された。この低い溶解度は、多量のCO₂が沈み込むプレートスラブによってマントル深部に到達できることを保証するものと解釈される。以上の業績も、その一部はすでに公表済みである。

以上の成果は、いずれも地球深部の構造の解釈にとって重要な知見を得るものであって、今後これらの成果を無視して地球深部の構造を考えることはできないものと判断される。したがって本論文の提出者の学力・業績は、学術博士の学位に十分に値するものと認める。