

氏 名	島 田 充 彦 しま た みつ ひこ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 417 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 48 年 1 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Melting of Silicate-Water Systems at High Pressures and Its Implications to the Earth's Interior (高压下における珪酸塩-水系の融点とその地球内部における 意味について)
論文調査委員	(主 査) 教 授 三 木 晴 男 教 授 小 沢 泉 夫 教 授 一 戸 時 雄

論 文 内 容 の 要 旨

一般に固体の融点は、圧力の増加とともに増加する。岩石・鉱物などの珪酸塩もその例外ではない。しかし、水が存在すると、融点は圧力の増加とともに減少する。

地球内部には、地球進化の初期段階のみならず現在でも、少量の水が存在することが、岩石学的・地球化学的証拠から知られている。したがって、水を含む珪酸塩の融点は地球内部の研究にとって重要な意味をもち、理論的にも実験的にも多くの研究がなされてきた。しかし、それらは水が飽和状態になっている場合、すなわち $P_{H_2O}=P_t$ (P_{H_2O} : 水の分圧, P_t : 全圧) でのものである。地球内部に水が存在するといっても、その量は極く僅かだと思えるので、 $P_{H_2O}=P_t$ よりも $P_{H_2O}<P_t$ の場合の方が地球内部ではむしろ重要である。

本研究は、珪酸塩に一定量の水を含ませて、 $P_{H_2O}<P_t$ の条件下での融解現象を 35kb までの圧力で調べている。主論文 1 では珪酸塩として天然の玄武岩を用い、0.04 wt %, 1.11 wt %, 1.64 wt % の水を含む場合と飽和状態の水を含む場合の 4 種類の融解曲線を求め、地球内部には融解している部分が存在し、それが低速度層の成因である可能性を論じている。主論文 2 では、珪酸塩-水系の融解現象の法則性を見出すために、岩石よりも単純な造岩鉱物の一つである曹長石を用い、10 wt %, 14 wt %, 16 wt % の水を含む場合と飽和状態の水を含む場合の 4 種類の融解曲線を求め、主論文 1 の結果と共に地球内部の状態を論じている。

曹長石の融点は、少量でも水が存在すると、ある圧力までは(水の量が溶解物中への水の溶解度より大きく、 $P_{H_2O}=P_t$ の条件が成り立っている) 圧力の増加とともに水が飽和状態にある場合(すなわち $P_{H_2O}=P_t$) の融解曲線に一致して減少する。それより圧力が高くなると水の量が溶解度より小さくなり($P_{H_2O}<P_t$)、固相と液相の共存領域があらわれ、その固相線は $P_{H_2O}=P_t$ の場合の融解曲線と一致し、液相線は圧力の増加とともに増加する。玄武岩の場合も上とよく似てはいるが、 $P_{H_2O}<P_t$ の条件の下での固相線が、曹長石の場合と違って、 $P_{H_2O}=P_t$ の場合の固相線と一致しない。これは、岩石が種々の鉱

物からできているため融解現象が複雑になり、曹長石のような単一鉱物の法則が岩石には、そのままでは、適用され得ないことを示している。

実験結果は、いづれにしても、少量でも水が存在すれば、珪酸塩の融解は水がない場合のものに比べて著しく異なったものとなり、融点が減少することを示している。この事実は地球内部の状態を論ずる場合極めて重要である。

地球内部の温度分布は、密度や圧力の分布と比べて、不正確にしか分っていない。したがって、温度分布にかなりの誤差を想定する。水の入らない系の融解曲線はこの温度分布曲線とは交わらないが、少量でも水の入った系では、少なくとも固相線と、交わる。すなわち、地球内部には融解または一部融解している部分が存在することが示唆される。このことから、地下 150km ぐらいに存在することが地震学的に認められている低速度層の成因が、上述のような、水を含む系の存在による融点低下に帰せられる。この推論は、逆に言えば、地球内部の温度を推定するための決の手にもなる。

参考論文 1, 2 および 3 は主論文の基礎となったものであり、珪酸塩鉱物および岩石の高温高压下での融解、相転移に関するものである。参考論文 4 は実験に用いられた高压発生装置の高温での圧力の検定および精度に関するもので、得られた実験結果の信頼性を保証するものである。

論文審査の結果の要旨

一般に固体の融点は圧力の増加と共に増加していくことが知られているが、岩石・鉱物などの珪酸塩もその例外ではない。しかし、水が存在すると珪酸塩の融点はかなりの高圧までは圧力増加に伴って減少する。ところで、地殻中ではもちろん、地球マントルでも、地球進化の初期段階のみならず現在でも、岩石学および地球化学的な証拠から水の存在することが知られている。従って、水が存在する条件の下での珪酸塩の融点の研究は、地球内部の研究において非常に重要な意味をもっている。すなわち、火山マグマの発生消滅やマントル低速度層など固体地球物理学の広い分野に大きな影響をもっていて、古くから理論的にも実験的にもかなり研究がなされてきている。しかし、それらの研究は、水が多量に存在していて飽和状態になっている場合 ($\text{PH}_2\text{O}=\text{Pt}$) についてであった。地球内部で水が存在するといっても、その量は少ないと思えるので、水蒸気圧が全圧よりも小さい場合 ($\text{PH}_2\text{O}<\text{Pt}$) の方が地球内部では重要である。

この研究は水が多量には存在しない条件での研究をするため、少量の水を珪酸塩に混ぜ、 $\text{PH}_2\text{O}<\text{Pt}$ の条件の下での融解現象を 35kb までの圧力 (深さ約 100km) で調べており、マントル構造の研究に非常に重要な分野を開拓したものといえることができる。主論文 1 では試料として天然の玄武岩を用い、0.04wt%, 1.11wt% および 1.64wt% の水を含む場合と、水が完全に飽和状態で存在する場合の 4 種類の融解曲線を求め、地球内部には融解している部分が存在し、それが低速度層の成因である可能性を論じている。なお、玄武岩はマントルで部分溶融によって生ずるマグマの組成と類似していると考えられているものである。主論文 2 では、これをさらに詳しく論ずるため、珪酸塩-水系の融解現象の法則性を見出すことを試みた。造岩鉱物の主要な 1 つである曹長石を試料として、10wt%, 14wt%, 16wt% の水を含む場合、および飽和状態の水を含む場合の 4 種類の融解曲線を求め、主論文 1 の結果とあわせて地球内部の構造を論じている。曹長石の融点は少量でも水が存在すると、ある圧力までは飽和状態にあり、圧力の増加に伴って融点

が減少し、それは水が充分にある場合 ($P_{H_2O}=P_t$) の融解曲線に一致する。ところが圧力が大きくなると不飽和となり ($P_{H_2O}<P_t$)、固相と液相の共存領域が現われ、その固相線は $P_{H_2O}=P_t$ の場合の融解曲線と一致し、液相線は圧力と共に上昇する。

玄武岩の場合も融解現象は似ているが、 $P_{H_2O}<P_t$ の条件下での固相線は $P_{H_2O}=P_t$ の場合のそれと一致しない。これは、岩石が多種の鉱物の混合物であるため融解現象が複雑になり、単一鉱物についての融解の法則が適用できないからである。非常に少量でも水が存在すれば、珪酸塩の融解現象は水がない場合のものに比べて著しく様相が違ったものになり、融点は著しく減少することが示された。このことは、地球内部に水が非常に僅かしか存在しなくても、低い温度で部分溶融が始まりマグマが発生する可能性を示したものであって、地球内部の研究に重要な貢献をしたものと言える。

一方、地球内部の温度は最も重要な情報の1つでありながら、また最もわかっていないものの1つである。現在の知識で考えられる温度分布を大きな不確かさをもたせて推定しても、なおかつそれは水の存在しない系の融解曲線とは交らない。ところが、少量でも水の入った系とは交差する。すなわち、地球内部には一部融解している部分が存在することが示唆される。さらに、地下 150km 付近に存在することが地震学的に認められている低速度層の成因がこの部分溶融に帰せられる。この推論は逆に、地球内部の温度を推定するための1つの重要な決め手となるかも知れない。

申請者は高圧下における岩石・鉱物の融点を細心の注意をはらって実験的に研究し、少量でも水が存在すれば融点が減少することを、かなりの程度に定量的に示し、その結果が地球上部マントルの状態を推定する上で大きな意味をもつことを示して、地球内部物理学に重要な貢献をした。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。