寄 書

“地球内部における
2MgO+SiO₂⇌Mg₂SiO₄
の平衡条件”

名古屋大学地球科学教室

島津康男・熊沢峰夫

(昭和31年4月1日受理)

Equilibrium Conditions of

2MgO+SiO₂⇌Mg₂SiO₄

in the Earth's Interior.

Yasuo SHIMAZU, Mineo KUMAZAWA

固相だけを含む化学反応では、圧力を高くすると体積のへる方へ反応が進む。たとえば 2MgO+SiO₂⇌Mg₂SiO₄ では、常圧で $\Delta V = V_{\text{Mg}_2\text{SiO}_4} - 2V_{\text{MgO}} - V_{\text{SiO}_2} = -4.4 \text{ c.c./mol.}$ であるから、圧力を高くすると反応は右へ進み、平衡温度(あるいは Mg₂SiO₄ が分解する温度)は高くなる。しかし固体の圧縮性を考えにいれると、 ΔV の値は圧力によって変り、符号さへ変ることも考えられる。B. A. МАГНИЦКИЙ は地球内部の議論にこのことを考慮すべきだと論じている。ところで ΔV にきいてくるのは反応にあずかる各物質の圧縮率の差であるから、異常に圧縮率が大きいか又は小さい物質が反応にあずかる場合に ΔV はめだつて変化する。よく知られているように地球を作っている主要鉱物の中で SiO₂ の圧縮率は異常に大きい。そして例として上にあげた反応は、mantle が主として Olivine [(Mg, Fe)₂SiO₄] から出来ていると考えられるから興味がある。

さて一般に平衡温度は Clapeyron の式

$$\frac{dT}{dP} = \frac{\Delta V}{\Delta S} \quad (\Delta S: \text{エントロピーの変化})$$

で与えられるが、

$$d\left(\frac{\Delta V}{\Delta S}\right) = \frac{\partial}{\partial P}\left(\frac{\Delta V}{\Delta S}\right)_T dP + \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\Delta V}{\Delta S}\right)_P dT$$

は熱力学の式をつかつて

$$\frac{\Delta V}{\Delta S} \left[\left(\frac{\Delta(V\alpha)}{\Delta S} - \frac{\Delta(V\beta)}{\Delta V} \right) dP + \left(\frac{\Delta(V\alpha)}{\Delta V} - \frac{\Delta C_p}{T\Delta S} \right) dT \right]$$

となる。ただし $\alpha, \beta, \Delta C_p$ はそれぞれ膨脹係数、圧縮率、比熱変化で、たとえば $\Delta(V\alpha)$ は

$$(V\alpha)_{\text{Mg}_2\text{SiO}_4} - 2(V\alpha)_{\text{MgO}} - (V\alpha)_{\text{SiO}_2}$$

をあらわす。V, S, α, β, C_p 等に測定値 [F. Birch et. al., J. Verhoogen] をいれて計算すると、地球内部の条件では第二項の温度効果はきかないことが判る。計算の結果を表に示す。ここで ΔT は常圧での平衡温度(約 5,000°K)からのずれで、Mg₂SiO₄ の分解温度は圧力(又は深さ)と共に高くなり極大値をへて降り出すことが判る。地球内部の温度を考え

P(気圧)	ΔT
0.5×10 ⁵	117
1.0	154
2.0	-12
3.0	-500
4.0	-1.3×10 ³
5.0	-2.4×10 ³

ると、 $P=4\sim 5\times 10^5$ 気圧の程度で Mg₂SiO₄ は分解し、MgO+SiO₂ になる可能性のあることがしられる。圧縮率が圧力によつて変るから、これ以上の圧力では ΔT はこのまま大きくはならない。分解する深さは大体 800~1200 km に当る。Fe₂SiO₄ には適当なデータがないので計算出来ないが、同様の結果が期待される。なお MgO, FeO, SiO₂ の密度、圧縮率を圧力の函数として計算し、これらの混合物の中を伝わる地震波速度を Bullen の C 層 (mantle 下半) のそれにあわせることが出来ることは、МАГНИЦКИЙ が示している。

F. Birch, J. F. Schairer and H. C. Spicer (1942) Handbook of physical constants, Geol. Soc. Amer. Special pap. No. 36.

B. A. МАГНИЦКИЙ (1953)

ОСНОВЫ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ. p.p. 290.

J. Verhoogen (1953)

Elasticity of olivine and constitution of the earth's mantle, Jour. Geophys. Res., 58, 337~346.